

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DE BLIDA 1**

**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de master II
En sciences de la nature et de la vie

Spécialité : sciences alimentaires

Etude de la qualité technologique des pâtes courtes

Présenté par :

Mouloud Abdelhamid

Date de soutenance :

Le 27/10/2013.

Devant le jury :

Présidente

M^{me} ACHEHEB H	MAA	USDB	Presidente de jury
M^{me} BOUTEKRABT L	MCA	USDB	Promotrice
M^r BOUSBIA N	MCB	USDB	Examineur
M^{me} FERNANE S	MAB	USDB	Examinatrice

Année Universitaire : 2012-2013

REMERCIEMENTS

Je remercie **ALLAH** le tout puissant de m'avoir donné le courage, la volonté et patience durant toutes mes années d'étude pour arriver à ce stade de formation et d'achever ce modeste travail.

A mes chers parents, pour tous ce qu'il fait pour moi et surtout pour mes études, ainsi qu'il trouvent ce modeste travail le fruit de ces longues années de leurs sacrifices.

Mes remerciements les plus profonds et toute ma reconnaissance à ma promotrice **M^{me} BOUTEKRABT L**, qui m'a fait l'honneur d'encadrer mon travail, pour sa disponibilité, ses précieux conseils et ses efforts exceptionnels.

Je remercie les membres de jury, **M^r BOUSBIA N, M^{me} ACHEHEB H, M^{me} FERNANE S** Pour avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.

A tous les enseignants qui ont contribué a ma formation, qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

A Monsieur **TAGIDA M**, le chef laboratoire du groupe SIM qui m'a proposé ce sujet de fin d'étude, ainsi que toute l'équipe du groupe SIM, pour leur disponibilité et leur bienveillance.

A mes amis : **FERGANI A, MIMOUNI H, OUNNAR DJ, MERAGA H, ZEKKARI A, ZOUAOUI M**. Pour leur aide précieuse dans la rédaction de ce mémoire,
Merci pour tous les bons moments passés ensembles.

On tien aussi à remercier le personnel de la bibliothèque de notre faculté, pour leur aide et leur compréhension, Merci.

A tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail que je n'ai pas pu les citer. Merci infiniment.

DEDICACES

«Louange à Dieu le tout puissant»

Je dédie ce modeste travail :

A mes parents

Merci pour tous que vous avez fait pour moi

-A toute ma grande famille.

A tous mes chers amis et toutes mes amies de la promotion 2012-2013

Résumé :

Les pâtes alimentaires ont toujours été, depuis des temps immémoriaux, un élément très important de l'alimentation humaine, Cependant, on constate à l'heure actuelle, une évolution dans les habitudes alimentaires du peuple algérien. Ce qui nous amène à rechercher les meilleurs moyens de répondre à cette évolution

Pour cela, nous nous sommes intéressés à l'étude des paramètres qualitatifs et technologiques des pâtes alimentaires en général, et des pâtes courtes en particulier. Le but de ce travail, est l'analyse des pâtes alimentaires depuis la matière première (le blé et la semoule), jusqu'au produit fini (pâte alimentaire).

Le taux de cendre, la teneur en eau et le taux de gluten ont été évalués

Les résultats obtenus montrent une conformité aux normes exigées (pâtes courtes /taux de cendre 0.7-0.88 teneur en eau 11.86-12.03 taux de protéines 11.6-11.75), et un produit fini de bonne qualité.

Mots clés : blé dur, semoule, pâte alimentaire, qualité technologique, pâtes courtes,

Abstract

Pasta has always been, since immemorial times, a very important food for humans. However, there is at present, an evolution of eating habits in Algeria. This leads us to seek the best ways to answer this development

To this end, we've been looking into technological and qualitative parameters of pasta in general and short pasta in particular. The aim of this work is to analyze pasta products from its raw form (Wheat and semolina), to the end product (pasta product).

This study enabled us to determine the quality of our studied pasta products. A comparative study between these various products was carried out according to the main following criteria:

- Ash content.
- Water content.
- Gluten content.

The results show compliance with the required standards (short pasta / ash rate 0.7-0.88 water content rate 11.6-11.75 11.86-12.03 proteins), and a finished product of good quality.

Keywords: durum wheat, semolina, pasta product, technological quality , short pasta

الملخص :

لقد كانت العجائن الغذائية دائما منذ العصور القديمة غذاء مهم جدا بالنسبة للبشر وهناك في الوقت الحاضر تطور للعادات الغذائية في الجزائر . هذا يقودنا الى البحث عن افضل السبل للرد على هذا التطور .

لقد اعتمدنا في دراستنا هذه على دراسة الخصائص النوعية والتكنولوجية للعجائن الغذائية بشكل عام وعلى وجه الخصوص العجائن الغذائية الصغيرة . وقد كانت لهذه الدراسة اهداف نذكر منها التحليل النوعي للعجائن الغذائية بعد سلسلة من التحاليل التي شملت المادة الاولية (القمح) و الدقيق و أخيرا المنتج النهائي (العجائن الغذائية) و قد سمحت لنا هذه النتائج بتحديد نوعية العجائن الغذائية المدروسة

و المقارنة بينها و كانت معايير المقارنة كالآتي :

نسبة الرماد نسبة الرطوبة البروتين نسبة الغلوتين الخصائص الحسية

النتائج المحصل عليها تظهر مطابقة للمعايير المعتمدة (العجائن القصيرة / نسبة الرماد 0.7-0.88 نسبة الرطوبة 11.86-12.03 نسبة البروتين 11.6-11.75) و منتج نهائي ذو نوعية .

كلمات البحث القمح القاسي الدقيق العجائن الغذائية العجائن القصيرة الخصائص التكنولوجية

Liste des abréviations

ACIA : agence canadienne d'inspection des aliments

AFNOR : Association Française de Normalisation

Aw : Activité d'eau

CEE : Communauté Économique Européenne

C⁰ : degré Celsius

DM : Dilution mere

FAO: Food and Agriculture Organization

G: Gonflement

GH: Gluten humid

GS: Gluten sec

GI: Gluten index

Ha : hectare

H:Humidité

ISO: International Organisation for Standarization

JORA: Journal Officiel de la République Algérienne

QX : quintaux

Mg : milligramme

MS: Matière sèche

Nf: Norme française

Na: Norme algérienne

OGA: Oxytétracycline gélose agar

PC : perte à la cuisson

PHL: Poids à l'hectolitre

PMG: Poids de mille grains

PS: Poids spécifique

SM : Solution mère

SSSE: Semoule super sassée extra

T : Temps de cuisson

TA : titre alcalimétrique

TAC : titre alcalimétrique complet

TH : dureté hydrométrique

URSS : Union des républiques socialistes soviétiques

VF : Viande foie

Abréviations spécifiques à la recherche :

Pa. : Pâtes alimentaires

Sommaire

Remerciements	
Dédicace	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux.....	1
Liste des figures.....	2
Introduction.....	3
Chapitre I le blé dur	5
I.1 Généralité sur le grain de blé.....	5
I.1.1 Classification et origine du blé dur	5
I.1.2 Importance de la culture du blé	5
I.1.3 Description botanique du blé dur	8
I.2 Composition histologique, chimique et protéique du grain de blé dur	9
I.2.1 Composition histologique	9
I.2.2 Composition chimique.....	11
I.3 Qualité technologique du blé dur	12
Ch II La technologie de transformation du blé dur	14
II.4.1 Les objectifs du conditionnement	15
II.5 Mouture Du Blé Dur	16
Ch III la semoule	17
III.1 Définition	17
III.2 Composition biochimique de la semoule de blé dur	18
III.3 Qualité et caractéristiques organoleptiques de la semoule.....	24
Ch IV les pâtes alimentaires	26
IV.1. Historique des pâtes.....	26
IV.2 Définition des pâtes.....	26
IV.3 la production des pâtes alimentaires.....	27
IV.4 La technologie pastière.....	29
IV.5 classification des pâtes alimentaires.....	34
IV.5.1 les pâtes extrudées	34
IV.5.2 les pâtes laminées.....	35
IV.6 Types de pâtes alimentaires.....	35
IV.7 la valeur nutritive.....	35

IV.8 qualité des pâtes alimentaires.....	37
V Matériel et méthodes.....	38
V.1 Matériel Biologique.....	41
V.2 Les méthodes analytiques.....	41
V.2.1 Les analyses qualitatives physico-chimiques effectuées sur le blé dur.....	43
V.2.2 Les analyses effectuées sur la semoule.....	45
V.2.2.1 Les analyses physico-chimiques.....	45
V.2.2.2 les analyses microbiologiques.....	47
V.2.3 Les analyses effectuées sur l'Eau.....	50
V.2.3 Les analyses effectuées sur les pâtes alimentaires.....	56
VI Résultats et discussions.....	59
VI.1 Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les blés durs.....	55
VI.2 Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur la semoule.....	59
VI.3 Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les pâtes alimentaires.....	63
Conclusion.....	67

Références bibliographiques

Annexes

LISTE DES FIGURES

Figure N°1 : repartition de blé dans le monde

Figure N°2 : production de blé mondial 2000-2011

Figure N°3 : destination des exportations totales françaises en blé dur vers les pays

Figure N°4 : coupe longitudinal du grain de blé

Figure N°5 : schéma d'un grain de blé avec une coupe transversale

Figure N°6 : la mouture du blé dur

Figure N°7 : production des pâtes alimentaires

Figure N°8 : la presse (dosage des ingrédients+eau)

Figure N°9 : la presse (malaxage)

Figure N°10 : la presse (extrusion et mise en forme)

Figure N°11 : recherche et dénombrement des spores de clostridium sulfito-réducteur

Figure N°12 : préparation des dilutions décimales

Figure N°13 : recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux (étape présumptive)

Figure N°14 : recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux (étape confirmative)

Figure N°15 : recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Figure N°16 : recherche des impuretés

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°1 : consommation de blé par personne dans quelque pays (1961-2003)

Tableau N°2 : composition chimique du grain de blé

Tableau N°3: classification des semoules

Tableau N°4 : composition biochimique de semoule

Tableau N° 5 : les lipides de blé et dérivés

Tableau N°6 : composition biochimique des différentes parties d'un grain de blé

Tableau N°7 : les vitamines dans la semoule

Tableau N°8: la production des pâtes alimentaires dans le monde

Tableau N°9 : évolution de la consommation de quelque céréale et dérivés

Tableau N° 10 : type de pâtes alimentaires et critères de différenciation

Tableau N°11: principaux critères de qualité des pâtes alimentaires

Tableau N° 12 : composition des pâtes alimentaires issue du blé dur

Tableau N° 13 : l'activité de l'entreprise SIM et l'évolution des ressources humaines

Tableau N°14: évolution de l'entreprise.

Tableau N° 15 : les analyses physico-chimique, microbiologique et organoleptique effectuées sur

Les matières premières et le produit fini.

Tableau N° 16 : Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les blés durs.

Tableau N° 17 : Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur la semoule

Tableau n° 18 : granulométrie des semoules de blé dur (SSSE).

Tableau n° 19 : Teneur en eau des semoules de blé dur (SSSE).

Tableau n° 20 : Taux de cendres des semoules de blé dur (SSSE).

Tableau n° 21 : Teneur en protéines des semoules de blé dur (SSSE).

Tableau n° 22 : taux de gluten des semoules de blé dur (SSSE).

Tableau n° 23 : acidité grasse des semoules de blé dur (SSSE).

Tableau N° 24 : Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les pâtes courtes.

Tableau N° 25 : Résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les semoules et pâtes alimentaires.

Tableau N° 26: Résultats des analyses microbiologiques effectuées sur l'eau de fabrication des pâtes Alimentaires.

Introduction

Introduction :

Le blé est l'or jaune, cette appellation décrit son importance dans le monde. C'est une céréale de base de l'alimentation humaine surtout pour les populations de pays en voie de développement, il représente la principale source de calories mais aussi de protéines, de lipides, de vitamines et de sel minéraux.

L'origine du blé se perd dans les nuits des temps, provient-il d'Asie occidentale ? Des pays méditerranéens ? Blé dur ou blé tendre viennent-ils d'un centre unique de diffusion ? Il est très difficile de répondre à ces questions.

En Algérie, la consommation céréalière, occupe une place fondamentale dans la ration alimentaire quotidienne, elle fournit, respectivement plus de 60% et de 75 à 80 % d'apport calorique et protéique, soit une consommation annuelle de l'ordre de 200 kg /habitant. La demande intérieure en blé est estimée à 6.4millions de tonnes, réparties en 3,7 millions de tonnes pour le blé tendre et 2,7 millions de tonnes pour le blé dur (**Anonyme, 2009**). Cette demande n'est en moyenne couverte qu'à la hauteur de 70 à 75% par la production nationale qui est de 5,2 millions de tonnes (**Anonyme, 2009**).

Le blé et les pâtes alimentaires ont toujours occupé une place prépondérante dans l'alimentation humaine notamment dans celle des algériens. Longtemps considérées comme des aliments énergétiques de par leur richesse en glucides, elles constituent néanmoins une source importante de protéines: 70 % d'entre elles sont constituées essentiellement de gluten.

Par conséquent, l'alimentation actuelle des algériens est non pas insuffisante, mais déséquilibrée de par le trop grand apport de blé et pâtes alimentaires pauvres en Gluten.

La qualité des pâtes alimentaires est variable et peut être influencé par plusieurs paramètres tout au long de leur fabrication.

De ce fait s'est établit ma problématique qui consiste à vérifier l'influence de certains paramètres : teneur en eau, taux de cendre, taux de gluten, teneur en protéines et d'étudier la qualité technologique du produit fini (pâtes courtes).

Le présent travail comprend deux parties essentielles :

La première partie est consacrée aux données bibliographiques concernant la semoule provenant du blé dur et son procédé de fabrication, ainsi que les pâtes alimentaires et leur processus de fabrication, en abordant l'influence de la matière première sur ces dernières.

La deuxième partie qui est la partie expérimentale, port sur la réalisation d'une série d'analyses physico-chimique, microbiologiques et organoleptique sur ; la matière première (blé français), la semoule dont elle est issue, l'eau de procès et enfin le produit fini.

Partie

Bibliographique

I.1. Généralité sur le grain du blé :

I.1.1. Classification et origine de blé dur :

Le blé est une Monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la Famille des Poaceae. Les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*); mais il existe de nombreuses autres espèces qui se différencient par leur Degré de ploïdie. Le blé dur est une espèce tétraploïde, il ne contient que deux génomes AA et BB et 28 chromosomes (**Giuseppe et Lintas, 1988 ; Cook et al, 1993 ;Feillet, 2000**). Le centre d'origine géographique du blé dur est le Moyen-Orient, mais il s'est différencié Dans trois centres secondaires : l'ouest du bassin méditerranéen, le sud de la Russie et Le Proche-Orient (**Grigniac, 1977**). Toutefois, l'Algérie a été considérée comme centre de Diversification secondaire du blé dur (**Erroux, 1974**). L'espèce durum se subdivise en trois sous espèces qui sont europium, syriacum et méditerranéum (**Grigniac, 1977**).

I.1.2 Importance de la culture du blé :

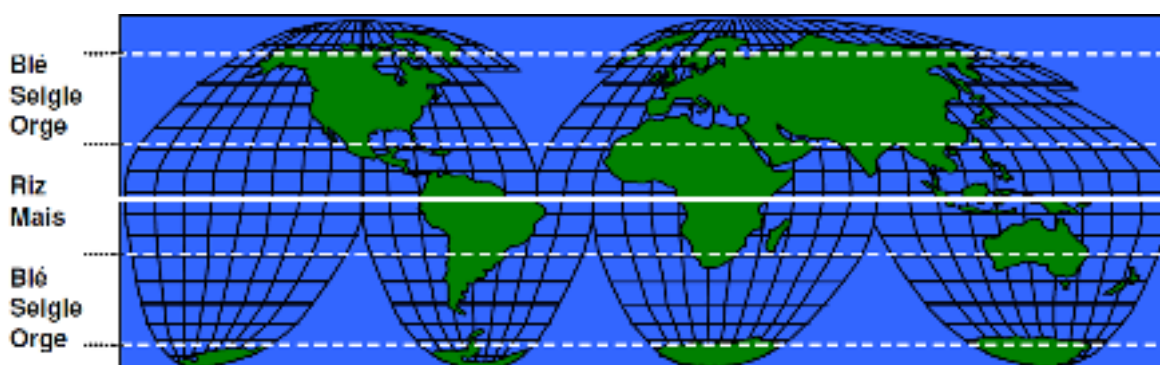


Figure n° 01 : répartition de blé dans le monde (**Anonyme ,2012**)

Le blé a été domestiqué au Proche-Orient à partir d'une graminée sauvage il y a environ 10.000 ans. Il a longtemps désigné toute une série de céréales, dont le seigle, le sorgho et le mil. En latin le genre *Triticum* identifie toutes les espèces céréalières auxquelles il est légitime de donner le nom de blé. Il compte actuellement quelque 30.000 formes cultivées. La production mondiale, en progression constante, et les échanges qui se multiplient entre les régions du monde font de cette céréale l'un des principaux acteurs de l'économie mondiale. Elle est l'une des céréales les plus cultivées et les plus consommées dans le monde (**Derbal Nora, 2009**)

I.1.2.1 Dans le monde

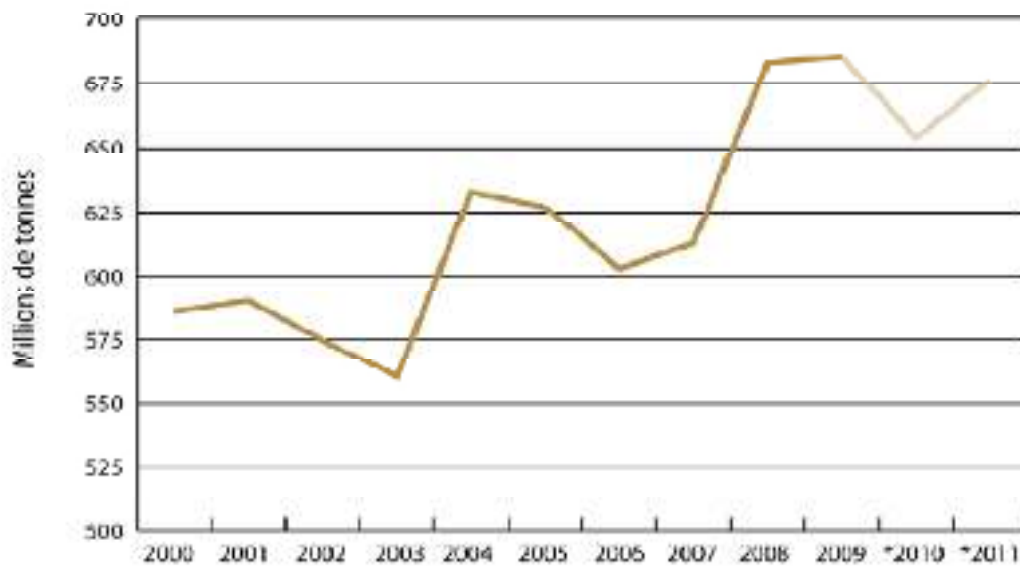
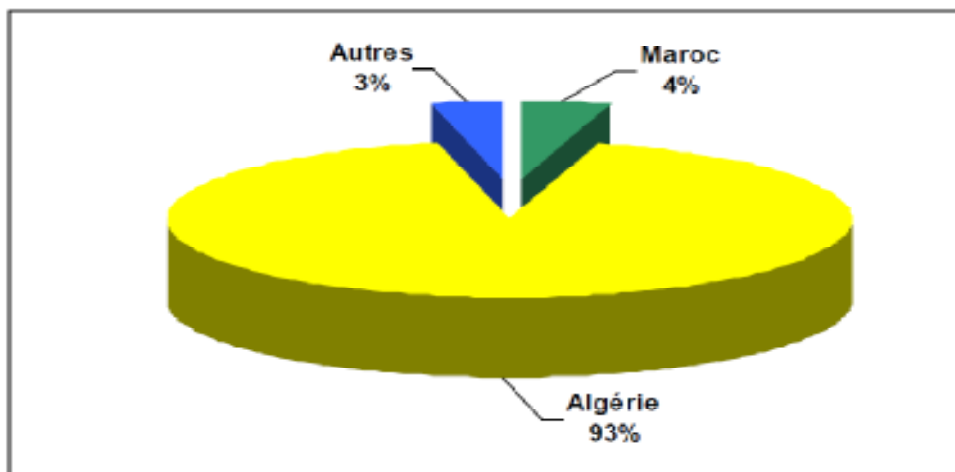


Figure n° 02 : Production de blé mondiale, 2000-2011 (**Faostat 2011**).

Avec une production moyenne annuelle de 27 millions de tonnes, le blé dur est une céréale secondaire à l'échelle mondiale. Cette production est surtout localisée dans le bassin méditerranéen d'une part (Europe du Sud, Moyen orient, Afrique du Nord), et en Amérique du Nord d'autre part (Canada central et Nord des USA), où est produit le quart du blé dur mondial (blé dur de printemps dans cette région continentale froide). Enfin, on trouve un peu de blé dur en Europe centrale (ex U.R.S.S), ainsi qu'en Argentine (**Ferret, 1996**). La production globale de céréales au début des années 1990 montre bien la nature des changements intervenus. La Chine vient au premier rang avec 14,6 % de la production mondiale, devant l'Inde (11,7%), les Etats-Unis (9,4 %), la Russie (7 %), la France (5 %) et le Canada (4 %). Ces 15 dernières années, la production mondiale de blé dur varie entre 22,3 millions de tonnes (en 1983-1984 et 1988-1989) et 34,4 millions de tonnes (1991-1992), soit une moyenne de 27 millions de tonnes. Elle présente donc d'importantes fluctuations proches de 25 % (**Ferret, 1996; Selmi, 2000**). Cette situation, favorable aujourd'hui aux gros producteurs exportateurs du monde occidental, même si les Etats-Unis et l'Europe sont fortement concurrents, pourrait changer si l'Asie parvenait à un certain niveau d'autosuffisance et si la production des Républiques de l'ex-URSS se redressait. Au cours des années 1980, l'URSS importait annuellement à peu près l'équivalent de ce qui était perdu chaque année par incurie ou insuffisance d'équipements, même lorsque les récoltes étaient bonnes. Pour la campagne 2005-2006, l'Algérie a importé plus de 2,55 millions de tonnes de

blé (statistiques avancées par les responsables de l'association France Export Céréales) (DERBAL Nora, 2009).



(ONIGC, février 2007)

Figure n° 03 : Destination des exportations totales française en blé dur vers les pays

I.1.2.2 En Algérie

Les céréales jouent un rôle important dans l'agriculture nationale puisque' elle occupe plus de 90% des terres cultivées. Dans l'alimentation humaine et animale, elles occupent une grande place. La productivité nationale est assez faible de 8 à 10 qx/ha. Ceci se répercute sur l'offre et la demande (Selmi, 2000). Les superficies réservées aux céréales sont de l'ordre de 6 millions d'hectares. Chaque année 3 à 3,5 millions d'hectares sont emblavés. Le reste est laissé en jachère. La majeure partie de ces emblavures se fait dans les régions de Sidi Bel Abbés, Tiaret, Sétif et El Eulma. Ces grandes régions céréalières sont situées dans leur majorité sur les hauts plateaux. Ceux-ci sont caractérisés par des hivers froids, un régime pluviométrique irrégulier, des gelées printanières et des vents chauds desséchants (Belaid, 1996; Djekoun et al. 2002).

La faiblesse des rendements est du à l'influence des conditions pédoclimatiques et aux techniques culturales (Chabi et al. 1992), et à certaines tendances socio-économiques comme l'exode rural et la priorité donnée à l'industrie durant les années 1970 qui ont marqué durablement la céréaliculture algérienne (Selmi, 2000). Malgré les efforts consentis, les rendements restent très bas. Leur faible niveau est souvent expliqué par l'influence des mauvaises conditions pédoclimatiques associées, entre autres, à une faible maîtrise des techniques culturales (Chabi et al, .1992).

Tableau n°01 : Consommation de blé par personne dans quelques pays, 1961-2003.

	1961	1970	1980	1990	2000	2003	Var 1961- 2003
Algérie	110	120	182	193	190	201	82%
Tunisie	146	153	195	205	202	194	33%
Maroc	130	129	153	180	172	179	38%
Italie	162	176	173	149	150	152	-6%
Egypte	79	87	125	148	136	131	65%
France	126	97	96	92	97	98	-22%
Monde	55	57	65	70	68	67	22%

FAOSTAT (2005)

I.1.3 Description botanique du blé dur :

Le blé dur est une plante annuelle et autogame, appartient au genre *Triticum* de la famille des gramineae constitué d'un appareil végétatif herbacé, qui comprend un système racinaire formé de racines séminales produites par la plantule durant la levée et des racines adventives qui se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante constituant ainsi le système racinaire permanent (ACIA, 2006) et une tige creuse ou chaume dont les entre-nœuds ne se sont allongés qu'à la montaison et portant des feuilles alternes et distiques et composées de quatre parties : gaine, limbe à nervures parallèles, stipules et ligules (Soltner, 2005). L'inflorescence est un épi composé d'un rachis sur lequel sont insérés les épillets. Chaque épillet est une petite grappe d'une à cinq fleurs dont trois à quatre sont fertiles enveloppées chacune par deux glumelles (supérieure et inférieure) et comportant typiquement trois étamines et un ovaire à un seul carpelle (Boula et al, 2007). Le fruit est un caryopse nu ou fruit sec indéhiscent dont les parois sont soudées à celles de la graine (Kent et Evers, 1994 ; Soltner, 2005). Les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*).

Leur classification est la suivante :

Famille : Gramineae.

Sous famille : Festrucoidae.

Tribu : Triticeae-Aveveae.

Sous tribu : Triticieneae.

Genre : Triticum.

Espèce : *Triticum durum*

I.2.Composition histologique, chimique et protéique du grain de blé dur :

I.2.1. Composition histologique :

Les grains de blé dur sont des fruits, appelés caryopses. Ces derniers sont de forme ovoïde. Ils possèdent sur l'une de leurs faces une cavité longitudinale "le sillon" et à l'extrémité opposée de l'embryon des touffes de poils "la brosse". Le caryopse est constitué de trois parties : (Figure n° 04 & 05)

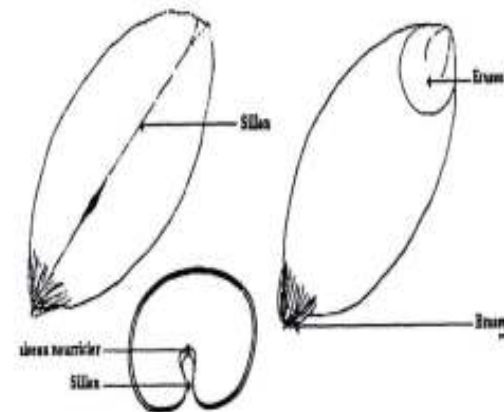
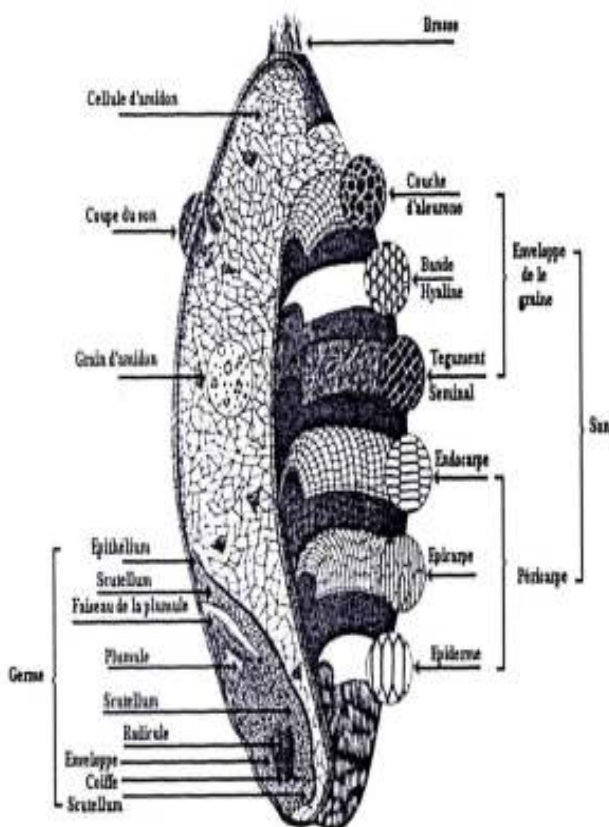


Figure n° 04 : coupe longitudinale du grain de blé (feillet in Bourson, 2005)

Figure n° 05 : schéma d'un grain de blé avec une coupe transversale (feillet, 1986 in Bourson, 2005)

I.2.1.1 Le germe

Le germe est l'embryon qui donnera naissance à une future plante. Il renferme beaucoup de matières grasses et de vitamines, et représente 2 à 3 % du poids total du grain. Il est constitué de deux parties, l'axe embryonnaire d'une part, composé de cellules

parenchymateuses mérismatiques, dont les parois sont fines et non lignifiées, et le scutellum (cotylédon) d'autre part, qui fonctionne comme un organe de stockage (**Pomeranz, 1987**).

I.2.1.2 L'amande

Composée de l'assise protéique et de l'albumen amylacé (**Feuillet, 2000**).

- **L'assise protéique** : appelée aussi couche à aleurone à cause de sa richesse en réserve de matières azotées : grains d'aleurone qui contiennent des protéines et des enzymes catalyseurs de la biosynthèse du grain de blé lors de sa formation (Trenteseaux, 1996).

Globalement, la paroi de la couche aleurone est très riche en arabinoxylanes (environ 60%) et en glucanes (environ 25%), mais ne contient que peu de cellulose. La chaîne principale des arabinoxylanes est moins substituée que dans le péricarpe, mais en revanche, renferme de nombreux esters d'acides féruliques. Cette chaîne est plus proche de celle retrouvée dans les parois de l'albumen amylacé (**Zeitoun R, 2011**).

- **L'albumen amylacé** : L'endosperme amylacé ou albumen amylacé représente 81 à 88 % du poids total du grain (**Pomeranz, 1987**). Il est composé de trois types de cellules parenchymateuses de tailles variables. Celles-ci présentent des profils isodiamétriques, prismatiques et allongés allant respectivement de la région centrale vers la périphérie. Le contenu des cellules de l'endosperme est constitué de granules d'amidon sphériques et lenticulaires, enchâssés dans une matrice protéique viscoélastique, le gluten.

I.2.1.3 L'enveloppe (le son)

Egalement appelées « sons », sont constituées de nombreuses couches histologiques fines, plus au moins adhérentes entre elles, de composition et de structure cellulaire très différentes. Elles sont éliminées lors de la mouture (**Raven et al. 2005**) en partant de l'extérieur vers l'intérieur du grain :

- **Le péricarpe** : Il est composé de trois assises de cellulose : l'épicarpe souvent éliminé après récolte du fait de manutention qui subie le blé, le mésocarpe dont les cellules (appelées cellules transversales) sont disposées perpendiculairement à celle de l'épicarpe et au grand axe du grain et enfin l'endocarpe composé de cellules parallèles au grand axe, appelées aussi cellules tubulaires (**Raven et al. 2005**).
- **Le tégument séminal** : Constitue la première couche ou protection de la graine. Il offre une forte résistance à la pénétration de l'eau du fait qu'il n'y ait aucune discontinuité dans ses cellules (**Raven et al. 2005**).
- **La bande hyaline** : Formée d'une simple couche de cellules transparentes (**Raven et al. 2005**).

I.2.2. Composition chimique

Le grain est principalement constitué d'amidon (environ 70%), de protéines (10 à 15%, selon les variétés et les conditions de culture) et de Pentosanes (8 à 10%) ; les autres constituants, pondéralement mineurs (quelques % seulement), sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (tableau 2) (Feillet, 2000).

Tableau n°02: Composition chimique du grain de blé

Nature des composants	Teneur (% MS)
Protéines	10- 15
Amidon	67- 71
Pentosanes	8-10
Celluloses	2- 4
Sucres libres	2- 3
Lipides	2-3
Matières minérales	1,5- 2,5

(Feillet, 2000).

1.2.3. Composition protéique

Les protéines du blé sont classiquement réparties en quatre classes en fonction de leur solubilité (Feillet, 2000):

- **Les albumines**, solubles dans l'eau.
- **Les globulines**, solubles dans les solutions salines neutres, souvent regroupées sous le terme de protéines solubles, d'albumines-globulines ou de protéines cytoplasmiques ou métaboliques.
- **Les gliadines**, solubles dans les alcools dilués (éthanol 70%).
- **Les gluténines**, protéines résiduelles insolubles dans les solvants précédents,

partiellement solubles dans les solutions acides diluées et dans l'urée, et solubilisées en présence de détergeant (Sodium Dodésyl Sulfate) et de réducteurs (mércapto-éthanol).

Les gliadines et les glutamines, principaux constituants du gluten, constituent les protéines de réserve dans lesquelles la jeune plantule puisera les acides aminés dont elle a besoin au moment de la germination du grain.

I.3. Qualité technologique du blé dur :

On regroupe sous le terme de « qualité » ou de « valeur industrielle », ou encore de « valeur technologique » l'ensemble des caractéristiques du blé dur dont dépendent :

D'une part, le rendement en semoule d'une pureté déterminée, c'est-à-dire le poids de semoules fabriquées rapporté au poids de blé mis en œuvre. On parle alors de valeur Semoulière du blé dur.

D'autre part, l'aptitude des semoules à être transformées en pâtes alimentaires dont l'aspect et la qualité culinaire répondent aux désirs des consommateurs. On parle alors de valeur pastière (**Abecassis et Chaurand, 1997**).

I.3.1. Valeur semoulière :

Celle-ci dépend en fait de trois groupes de facteurs (**Abecassis et Chaurand, 1997, Godon et Loisel, 1997**).

- Les facteurs extrinsèques

Ces facteurs sont très liés aux conditions de cultures et de récolte. Leur influence sur la valeur semoulière est évidente et il en est d'ailleurs régulièrement tenu compte dans les transactions commerciales. Entrent dans cette catégorie :

- ✓ La teneur en eau
- ✓ Le taux d'impuretés
- ✓ Le taux et la grosseur des grains cassés qu'il est parfois impossible de séparer d'autres impuretés au cours du nettoyage.

-Les facteurs intrinsèques

Ce deuxième groupe de facteurs englobe plusieurs caractéristiques qui dépendent exclusivement de la nature du blé mis en œuvre. Ces paramètres conditionnent la valeur des blés nettoyés à leur arrivée sur le premier broyeur et définissent ainsi leur qualité technologique. Dans cette optique la valeur semoulière dépend :

- ✓ Du rapport albumen/enveloppes que l'on cherche aussi élevé que possible
- ✓ De la friabilité de l'albumen qui détermine les rendements relatifs en semoule et farine.
- ✓ De la facilité de séparation de l'albumen et des enveloppes qui traduit la difficulté rencontrée par le semoulier pour « épuiser » convenablement les sons.

– Les facteurs réglementaires

Le dernier facteur de la valeur semoulière est essentiellement réglementaire, il s'agit de la richesse en matière minérales. Compte tenu de ce que l'albumen amylicé est beaucoup moins minéralisé que les enveloppes et la couche à aleurone, il est communément admis qu'il est possible de déterminer la pureté et le taux d'extraction des semoules en mesurant leur teneur en matières minérales.

Plus le taux de cendres d'un produit sera faible et plus ce produit sera considéré comme pur du point de vue réglementaire. Si cette conclusion peut être considéré comme globalement exacte, il n'en demeure pas moins que la seule connaissance du taux de cendres ne permet pas de chiffrer de manière précise la pureté du produit correspondant.

Il faudrait, en effet, pour cela que tous les blés aient la même teneur en cendres et que la répartition des matières minérales à l'intérieur des grains soit toujours la même, ce qui est loin d'être le cas. Par ailleurs, comme l'albumen du blé dur contient environ 50% de la totalité des matières minérales du grain alors que celui du blé tendre n'en contient que 25%, le taux de cendres des semoules va dépendre pour une grande part de la teneur en matière minérale du grain (**Abecassis et Feillet, 1985**).

Ce n'est donc que du point de vue légal que le problème prend de l'importance et il serait évidemment utile de disposer d'une nouvelle méthode de caractérisation de la pureté des produits de mouture.

I.3.2. Valeur pastière

Sous le terme de la valeur pastière peuvent être regroupées deux notions très distinctes :

D'une part, l'aptitude des semoules à être transformées en pâtes alimentaires (facilité de malaxage, de tréfilage, de séchage) ; d'autre part, la qualité des produits finis. Le premier aspect ne doit pas être mésestimé, mais on manque de données objectives quant à la différence de comportement des blés à ce niveau, nous nous limiterons donc à examiner ici le deuxième point (**Abecassis et Chaurand, 1997**) qui dépend de :

Aspect des pâtes alimentaires à l'état cru : directement perceptible, qui influence souvent l'achat en dehors des considérations du prix. Il est influencé par les paramètres suivants :

- Gerçure
- La texture superficielle des pâtes
- Les piqûres
- La coloration

II. Technologie de transformation du blé dur

II.1. Réception du blé dur

La réception du blé est la première partie du processus, l'approvisionnement de l'unité en blé s'effectue par camions, elle dispose d'un pont bascule pour le contrôle quantitatif du produit reçus. Le blé est déversé dans la trémie de réception ou s'élimine une grande partie des grosses impuretés, en suite le blé est acheminé grâce à des transporteurs à chaîne readler vers l'élévateur à godets. Ce dernier est orienté du poste des pères échantillons, on utilise un échantillonneur manuel à fin d'analyser notre blé, les analyses effectuées sont : le poids spécifique, l'humidité et le taux d'impuretés (**Godon Et William, 1998**).

II.2. Stockage

Toutes graines céréalières sont en vie ou à l'état de dormance jusqu'au moment de leur transformation.

Le grain de blé ne peut comme toute matière biologique, être stocké sans subir, après un certain temps, une détérioration dont la nature et l'intensité sont fonctions du milieu ambiant. Les silos sont en métal ou en béton armé, de forme cylindrique et disposés en ligne ou damier. Il existe deux méthodes usuelles de stockage :

- Transilage
- L'atmosphère renouvelée (**Boudreau Et Menard, 1992**).

II.3. Nettoyage

Le blé étant souvent mélangé à des corps étrangers qu'il faut retirer avant de procéder à la mouture. Le nettoyage constitue une opération primordiale en minoterie qui doit être réalisée avec efficacité.

Pour éliminer les impuretés et les corps étrangers, on utilise des séparateurs qui éliminent les grosses impuretés.

En suite on se sert de trieurs qui éliminent les particules étrangères telles que des grains provenant d'autres céréales qui ont pu être mélangés accidentellement. puis, des époussieuses éliminent les poils à l'extrémité du grain et dépoussièrent le sillon médian. Le grain ainsi nettoyé est dit industriellement pur.

En fin, on humidifie les grains ce qui parfait le nettoyage, favorise le ramollissement de l'enveloppe en vue de sa future élimination et augmente la friabilité des grains qui seront ainsi plus facilement broyés (**Fredot, 2004**).

II.4. Préparation du blé dur à la mouture

Appelée aussi conditionnement, il vise à modifier l'état physique des grains de manière à permettre la meilleure séparation possible au cours de la mouture entre l'albumen amylicé d'une part, les enveloppées, la couche à aleurone et le Germe d'autre part (**Godon Et William, 1998**).

D'après **Godon et William**, cette opération comprend deux étapes :

- Mouillage et absorption d'eau par les grains.
- Distribution de l'eau absorbée à l'intérieur des grains pendant la période de repos.

II.4.1. Les objectifs du conditionnement

Selon **Maig (1970)**, les objectifs du conditionnement sont les suivants :

- ❖ Faciliter la séparation entre l'enveloppe et l'amande.
- ❖ Favoriser la fiabilité de l'amande, à fin de faciliter la réduction au niveau de la mouture.
- ❖ Conférer au blé et aux produits de mouture des teneurs en eau idéales pour l'ensemble de la transformation et surtout pour le blutage.
- ❖ Cependant, tenir compte de la législation en vigueur et d'une façon générale satisfaisante à la conservation des produits finis.

II.5.Mouture Du Blé Dur :



Figure n° 06 : la mouture du blé dur (anonyme)

Théoriquement on peut résumer la mouture du blé en deux phases :

- * Séparer l'amande farineuse du son et du germe.
- * Réduire cette amande en granulés suffisamment fins. (Godon et William)

La mouture est l'opération centrale de la transformation des blés en farines et en semoules (Feillet, 2000). Elle a pour objectif d'isoler l'albumen amylicé sans contamination par les parties périphériques du grain (Abecassis, 1991). Elle génère trois grandes classes de produits (Sassi, 2007) :

- ✓ Des produits nobles : la semoule de large usage
- ✓ Des semoules spécifiques : semoules supérieures fines SSSF ou semoules supérieures extra SSSE
- ✓ Des sous produits : issus et déchets.

Le procédé de mouture de blé dur implique plusieurs opérations qui sont :

- **Broyage**

C'est une opération destinée à réduire la dimension des grains par la mise en jeu d'énergie mécanique (**Berot et Godon, 1991**). Le broyage des grains est conduit de manière progressive, de telle sorte que les enveloppes du grain soient les moins brisées possibles (**Calvel, 1980**). En général, le broyage comporte quatre à cinq passages entre les cylindres cannelés. La taille des cannelures et le serrage entre les cylindres diminueront du premier broyeur au cinquième broyeur (**Feillet, 2000**).

- **Blutage**

Le tamisage ou blutage, permet de séparer les produits en provenance des cylindres lisses et des cylindres cannelés en fonction de leur granulométrie. L'opération est réalisée dans des plansichters, appareils formés d'un assemblage de tamis superposés et soumis à un mouvement rotatif et de va-et-vient permanent sous l'action d'un moteur excentrique (**Feillet, 2000**).

- **Sassage**

Le sassage est une opération déterminante de la mouture du blé dur (**Godon et Willm, 1998**). Il assure la séparation des produits de mouture : les produits sont maintenus en suspension par un courant d'air ascendant au-dessus de tamis dont la largeur de maille diminue au fur et à mesure de la progression des produits, celle-ci étant assurée par l'inclinaison et le mouvement de va-et-vient des tamis. La ségrégation des produits repose sur leurs différences de densité et de propriétés aérodynamiques. Les particules d'albumen amylicé, plus denses ($d=1,4$) que celles des enveloppes ($d=1,2$), retombent plus rapidement sur les tamis et sont extraites en premier. En semoulerie, la mouture est organisée autour des sasseurs dont sont isolées, les semoules purifiées. Compte tenu de la granulométrie de ces dernières, il n'est en effet Pas possible de les séparer des enveloppes du grain par un simple tamisage (**Feillet, 2000**).

III.1.Définition

Le codex Alimentaire. (2007), définit la semoule de blé dur comme le produit obtenu à partir des grains de blé dur par procédés de mouture ou de broyage au cours des quels le son et le germe sont essentiellement éliminés.

La semoule est un produit granulé issu de la mouture industrielle des grains de blé industriellement purs et nettoyés. Elle est constituée par des fragments de l'amande du grain dont la taille granulométrique est supérieure à 150µm (**Abecassis et al., 2010**).

Les semoules sont de trois types : grosses, moyennes et fines, mais la fourchette granulométrique de chaque classe diffère en fonction des pays et de la destination. Selon **Jeantet et al. (2007)** les semoules sont classées en fonction de la granulométrie comme suit (Tableau n° 03).

Tableau n° 03: Classification des semoules

Classes	Ouverture du tamis (µm)
Grosses semoules	>530
Moyennes semoules	250 à 530
Fines semoules	140 à 250
Farines	<140

(**Jeantet et al, 2007**)

En Algérie, les différentes semoules les plus consommées sont les suivantes

- ✓ **Semoule SE** : appelée aussi semoule extra, ses particules sont fines, elle représente une granulométrie dans le refus au tamis 120 est de 90%. Cette semoule est orientée vers la fabrication des pâtes alimentaires industrielles.
- ✓ **Semoule SGM** : appelée semoule grosse moyenne, elle présente un refus au tamis 100 de 90%. Cette semoule est généralement vendue en l'état pour l'utilisation ménagère (couscous, galette, biscuits, crêpes, etc.) et pour la fabrication du couscous industriel de type moyen.
- ✓ **Semoule SG** : La semoule grosse doit avoir un refus de 50% au tamis 30 et 40. Cette Semoule est destinée essentiellement à la fabrication du couscous type gros.

(Benbelkacem et al., 1995):

III.2. Composition biochimique de la semoule de blé dur

Tableau n° 04: Composition biochimique de la semoule de blé dur.

Eléments minéraux	Teneurs (mg/100g)	Vitamines	Teneurs (mg/100g)	Principes énergétiques	Teneurs (g/100g)	Calories	Fibres
P	143-145	B1	0,2-0,4	Les protéines	12,6	-	-
Ca	20-24	B5	0,44-0,6	Les lipides	1,2	1455kJ 350kcal	4g
Mg	40-44	B6	0,13-0,17	-	-	-	-
K	193-198	PP	2,7-3	Les glucides	70,4	-	-

(Boudreau et Menard, 1992).

La composition biochimique du grain de blé joue un rôle déterminant dans la qualité des produits qui en dérivent. Cette composition est sous la dépendance d'un certain nombre de facteurs tels que : le climat, la variété, la nature du sol et les techniques culturales.

Selon **Bonjean et al (1990)**, le grain de blé est principalement constitué d'amidon, de protéines et de pentosanes ; les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines. D'après **Calvel (1984)**, les enveloppes contiennent les pigments, qui donnent la couleur propre des graines, et une partie importante des vitamines B1 et B2.

III.2.1.L'eau

Selon **Godon et Willm (1998)**, les grains des céréales sont particulièrement déshydratés, leur teneur en eau est environs de 14% pour le blé dur. La teneur en eau joue un rôle important dans l'altération de la semoule.

III.2.2 : Les protéines

Depuis les travaux d'**Osborne** en 1907, les protéines du blé sont classiquement réparties en quatre classes en fonction de leur solubilité : les albumines, solubles dans l'eau, et les globulines, solubles dans les solutions salines neutres, regroupées sous le terme de protéines solubles ou de protéines cytoplasmiques ou métaboliques ; les gliadines, solubles dans les alcools dilués et les glutenines, protéines résiduelles insolubles dans les solvants précédemment cités, partiellement solubles dans les solutions acides diluées et dans l'urée, et solubilisées en présence de détergents (Sulfate Dodécyle de Sodium) et de réducteurs mercapto-éthanol (**Feillet, 2000**).

✓ **Les protéines solubles**

Également appelées protéines cytoplasmiques ou métaboliques, elles représentent 15 à 20% des protéines totales (**Alais et al. 2003**).

- Les albumines (environ 15% des protéines totales) : Les albumines sont essentiellement concentrées à la périphérie du grain et dans le germe (**Feillet, 2000**).
- Les globulines (environ 5% des protéines totales) : Elles se concentrent comme les albumines dans les parties périphériques du grain (**Feillet, 2000**).

✓ **Les protéines insolubles (Gluten)**

Décrit pour la première fois dans 1745 par **Jacopo Beccari**, le gluten de blé est un complexe protéique viscoélastique tenace constitué d'un mélange hétérogène de gliadines et de glutenines (75 à 85% de la matière sèche) , d'amidon (8 à 18% ms), de sucres réducteurs (1 à 2% ms), de lipides (5 à 10% ms), de pentosanes (2%ms) et de matières minérales (1% ms) (**Feillet, 2000**).

- **Les gliadines** : également appelées prolamines du blé, (**Feillet, 2000**). Elles se concentrent surtout dans l'amande (**Morot-Gaudry, 1997**).

- **Les glutenines** : ou encore glutenines du blé, comme les gliadines, on retrouve les glutenines principalement dans l'albumen du grain (**Jeantet et al. 2007**).

Les protéines du blé ont une teneur spécialement élevée en glutamine. Elles sont riches en proline et leucine et pauvres en lysine (**Basic et al. 1981**).

III.2.3. Les lipides

Les lipides du blé sont séparés en deux classes: les lipides polaires et non polaires. Le contenu lipidique du blé est une caractéristique essentiellement variétale. Cependant des facteurs tels que la température, l'année de récolte ou les fertilisants peuvent modifier la composition en acides gras du grain de blé. Ainsi, des basses températures durant la croissance de la plante induisent une augmentation de l'insaturation des acides gras (**Davis et al. 1980**).

Selon **Boudreau et Menard (1992)**, les lipides du blé représentent 1,5 à 3,5% du poids total du grain, les interactions des lipides endogènes avec les protéines notamment, modifient les propriétés fonctionnelles du gluten et contribuent à la régularité des structures alvéolaires.

Tableau n° 05 : Les lipides du blé et dérivés.

Fraction du grain	Lipides totaux (% ms)
Grain entier	1,5 – 3,5
Péricarpe	0,5 – 1,5
Couche à aleurone	6 – 18
Germe	10 – 30
Amidon	0,8 – 1,2
Son	4,5 – 6
Semoule	1,4 - 2

III.2.4. les fibres

L'expression fibre alimentaire (dietary fibre) fut employée la première fois en 1972 par **Trowell** pour décrire les constituants des parois cellulaires des végétaux résistant aux sécrétions enzymatiques du tube digestif de l'homme (**Feillet; 2000**).

Selon **Jeantet et al. (2007)**, elles représentent 6 à 8% du grain et 2 à 3% de la semoule. Parmi ces fibres :

✓ **La cellulose** : Constituée par un enchainement de molécules de β D-glucose. De structure cristalline insoluble, elle représente 2 à 4% des fibres de l'albumen et 25 à 30% de celles du péricarpe.

✓ **Les bêta-glucanes** : Polymères de β D-glucose, peu solubles dans l'eau et constituent 20 à 30% des fibres de l'albumen.

✓ **Les pentoses** : Chaines glucidiques formées principalement de pentoses. Constituant 65 à 80% des fibres de l'albumen.

✓ **Les pectines** : Ce sont des polysaccharides linéaires constitués d'unités de D-glucopyranose liés par des liaisons B-(1-> 3) et I3~ (1-> 4). Le rapport entre les liaisons B-(1-> 3) et I3-(1-> 4) est variable selon la nature des céréales (**Antgine, 2003**).

Tableau n° 06: Composition biochimique des différentes parties d'un grain de blé exprimée en pourcentage de la matière sèche.

Partie du grain	Matières azotées (protéines)	Matières minérales	Matières grasses	pentosanes	amidon
péricarpe	7-8	3-5	1	35-43	0
Tégument séminal	15-20	10-15	3-5	20-30	0
Epiderme nucellaire assise protéique	30-35	6-15	7-8	30-35	0

Endosperme	8-13	0.35-0.60	1	0.5-3	70-85
Germe	35-40	5-6	15	20	20
Amande périphérique	10-15	0.4-1	-	-	64-72
Amande centrale	6-9	0.3-0.4	-	-	72-88
Grain entier	10-14	1.6-2.1	1.5-2.5	5.8	60-70

(Godon et William, 1990)

III.2.5 Les éléments minéraux

Selon **Godon et William. (1991)**, le teneur moyenne en matières minérales du grain de blé est d'environ 1,8% leur concentration dans la couche à aleurone est 0,5 à 1% dans l'albumen amylicé ; ces teneurs sont relativement fixes quelles que soient les conditions externes dans lesquelles la céréale a été cultivée.

Dexter et Matsuo (1977) ont montré que la teneur en matières minérales varie dans le même sens que le taux d'extraction des semoules. Les études de **Matweef (1946)**, montrent que les cendres des enveloppes peuvent varier du simple au double pour la même variété de blé suivant son milieu de culture. Pour **Matweef (1966)**, la teneur en cendres d'une semoule ne peut réellement servir de critère de pureté que dans la mesure où elle peut être ramenée à celle du grain entier par la détermination du rapport de la teneur en cendres des semoules sur la teneur en cendres du blé qui doit être inférieur à 0,5.

III.2.6 Les vitamines

La teneur en vitamines du blé est beaucoup plus faible que celle des autres constituants, cependant, leur intérêt nutritionnel est très important. Le blé contient surtout les trois vitamines : B1 (Thiamine), B2 (Riboflavine) et B3 (Niacine), qui se trouvent essentiellement dans la zone située entre le tégument séminal et le germe. Il contient également d'autres vitamines, tel que, la vitamine B6 (Pyridoxine), B5 (Acides pantothéniques) et la vitamine E (α tocophérol), cette dernière se trouvant dissoute dans les lipides du germe (**Godon et William, 1991**).

Tableau n° 07: les vitamines dans la semoule

Espèce	Thiamine B1	Riboflavine B2	Pyridoxine B6	Acide pantothénique	Tocophérol E	La niacine
Blé	0.52	0.12	0.50	0.35	2.00	6.00

(Godon et William, 1990).

III.2.7. Les enzymes

Selon **Feuillet. (2000)**, celles-ci sont présentes en faibles quantités dans le grain de blé et se répartissent principalement entre le germe et la couche à aleurone. Les principales enzymes sont : α -amylase, β -amylase, pentosanases, protéase, lipases, lipoxygénases, peroxydases, polyphénol-oxydases, catalases.

III.2.8 Les pigments

Présents dans le grain de blé sont principalement des caroténoïdes. Ce sont des pigments liposolubles, ils se répartissent entre le son, l'albumen et le germe. Responsables de la couleur jaune recherchée dans les semoules et les pâtes alimentaires (**Franconie, 2010**).

III.3. Qualité et caractéristiques organoleptiques de la semoule

Selon **Mariche (2000)**, on définit la qualité de la semoule en fonction de la qualité du produit fini, pour la fabrication du couscous, on recherche des semoules pures, de couleur ambrée avec une granulométrie homogène et une bonne teneur en gluten.

Pour la fabrication des pâtes alimentaires, on recherche des semoules pures et non contaminées par le son ou par la présence de moucheture avec une qualité protéique satisfaisante.

III.3.1. La couleur

Guezlane (1993), montre que la coloration est la somme d'une composante jaune que l'on souhaite élevée et d'une composante brune ou grise qui doit être faible.

- ✓ La composante jaune : dépend de la quantité des pigments caroténoïdes des semoules et des oxydases (lipoxygénases).
- ✓ La composante brune : due à l'activité des enzymes peroxydasiques ou polyphénoloxydasiques, toute action à diminuer l'activité de ces enzymes soit par la sélection de variété qui n'en possèdent que de faible quantité. Soit par la mise en œuvre de technologies appropriées (bonne purification des semoules durant la mouture

En particulier, température élevée en début de séchage) aura un effet bénéfique sur la coloration des produits finis.

III.3.2.L'aspect

C'est l'un des facteurs importants d'évaluation de la qualité des semoules, où l'absence des piqûres indique la bonne qualité des semoules (**Godon, 1991**) :

- ✓ Les piqûres brunes : elles témoignent d'une purification insuffisante des semoules au cours de la mouture de la présence de particules de son, d'autant plus visibles que le péricarpe des grains est foncé (**Feillet, 2000**).
- ✓ Les piqûres noires : elles s'expliquent par la présence de grains mouchetés ou par la contamination des lots par des blés ergots (ce qui très rare) ou des grains étrangers fortement colorées (**Feillet, 2000**).
- ✓ Les piqûres blanches : elles proviennent d'un malaxage insuffisant des semoules, d'un mauvais fonctionnement du système de désaération ou la présence de blé mitadiné dans la cellule de mélange à la semoule (**Feillet, 2000**).

III.3.3.L'odeur

L'odeur doit être fraîche et se rapproche de celle du blé récolté, mais parfois les semoules présentent une odeur acide et un goût de rance, suite à l'altération et l'oxydation des lipides due à une conservation dans de mauvaises conditions (mauvaise conservation) (**Godon, 1998**).

III.3.4.Granulation

Selon **Godon et William (1998)**, la granulométrie des semoules varie en fonction des marchés et des usages locaux. Dans les pays du Maghreb et du Moyen orient. on utilise surtout des grosses semoules pour la fabrication du couscous.

III.3.5.L'élasticité

Les semoules très pures, provenant du centre de l'albumen, possèdent de bonnes propriétés rhéologiques (en particulier d'élasticité) mais ont tendance à se déliter si la cuisson se prolonge. Inversement, les produits les plus périphériques fournissent des produits finis qui manquent d'élasticité mais qui peuvent conserver un remarquable état de surface même après la cuisson (**Abecassis, 1991**).

IV.1. Historique des pâtes :

Contrairement à l'opinion la plus généralement répandue, la pâte alimentaire n'est pas originaire d'Italie. Les techniques rudimentaires de la fabrication des pâtes alimentaires débutent en Mésopotamie (Iraq actuel) pour être transmises à l'Inde. Puis à la Chine 5000 ans avant J-C et au Japon 600 ans après J-C où elles gagnent les pays méditerranéens via la Grèce et l'Italie en 1279.

Les pâtes alimentaires lamées et découpées proviendraient de la Chine et les pâtes extrudées d'Italie, tandis que le couscous aurait vu le jour en Afrique du Nord, pendant très longtemps, la fabrication des pâtes alimentaires était exclusivement faite à la main par les artisans boulangers.

Avec le tournant du XIX^e siècle naissent les premiers appareils de fabrication industrielle dont les manufactures sont établies en Campanie, vers 1860 apparaissent les premiers appareils véritablement industriels malaxeurs mécaniques et presses discontinues à pistons, puis la presse mono vis permettant de forcer la pâte à travers une filière sous pression a été inventée vers 1930.

IV.2. Définition des pâtes :

Selon la législation française, la loi du 03 juillet 1995, et son décret d'application du 31 août 1995, retiennent que seuls peuvent porter la dénomination « pâtes alimentaires » les produits prêts à l'emploi culinaire, préparés par pétrissage, sans fermentation de semoule de blé dur additionnée d'eau potable et soumis à des traitements physiques appropriés tels que : tréfilage, laminage séchage, leur donnant un aspect consacré par les usages. Industriellement, les pâtes alimentaires sont créées à partir des semoules de blé nommé durum. Ce blé permet de confectionner une pâte alimentaire qui résiste à la cuisson.

IV.3. Production des pâtes alimentaires :

IV.3.1. dans le monde :

Au niveau mondial, les industries pâtières se sont imposées d'une manière stratégique c'est pourquoi une analyse des perspectives du secteur des pâtes alimentaires à travers le monde, est indispensable pour évaluer les enjeux qui se profilent à l'avenir.

En effet, les pâtes alimentaires sont en train de s'imposer comme aliment de référence dans le modèle de consommation mondiale.

Tableau n° 08: la production des pâtes alimentaires dans le monde exprimé en tonnes

Italie	26.0	Slovaquie	5.0
Venezuela	13.0	Bolivie	4.8
Tunisie	11.9	Pays-Bas	4.4
Grèce	10.9	Lituanie	4.4
Suisse	10.4	Pologne	4.4
Suède	9.7	Lettonie	4.1
États-Unis	9.0	Rép. Dominicaine	4.0
Chili	8.8	Australie	5.0
Pérou	8.4	Espagne	4.0
France	8.3	Equateur	3.9
Allemagne	8.0	Panama	3.8
Hongrie	7.9	Costa Rica	3.7
Argentine	7.4	Finlande	3.2
Austria	7.2	Colombie	3.0
Slovenia	7.0	Mexique	3.0
Iran	7.0	Roumanie	2.7
Portugal	6.6	Royaume-Uni	2.5
Canada	6.5	Guatemala	2.0
Brésil	6.4	Denmark	2.0
Turquie	6.1	Libye	2.0
Rép. Tchèque	6.0	Japon	1.7
Russie	6.0	Egypte	1.2
Belgique-Luxembourg	5.4	Irlande	1.0
Estonie	5.3	El Salvador	1.0

Source : *UN.A.F.P.A.* octobre 2011

IV.3.2. En Algérie :

L'une des enquêtes profondément menées par les autorités économiques algériennes en 1998 sur les habitudes de consommation alimentaire des algériens laisse montrer qu'en moyenne l'Algérie consomme un peu plus de cinq kg (5,17 kg de pâtes/an), cette moyenne s'est multipliée par plus de 02 entre 1976 et 1998.

Tableau n° 9 : évolution de la consommation de quelques céréales et dérivés

		1976		1987		1998
Produit	Valeur		Valeur	proportion	Valeur	Proportion
Pain	20	14%	33,4	21%	39,7	26%
Semoule, farine	131,4	63%	102,4	63%	100	67%
Pâtes alimentaire	2,5	1%	5,5	3%	5,2	3%
Blé, orge, maïs	46,7	22%	20,4	13%	4,6	3%
Riz	-	-	1	1%	1,1	1%
Total	209,06	100%	162,7	100%	151,4	100%

(Belkadi, 2001)

IV.4 La technologie pastière :

Les étapes préalables à la fabrication des pâtes incluent la réception de la semoule à l'usine, le stockage en silos (où la température extérieure est celle du produit sont rigoureusement surveillées afin d'éviter la condensation de l'eau à l'intérieur du silo), le dosage de la semoule selon le volume ou la masse, le mélange et transport jusqu'à l'emplacement de fabrication. La pastification comprend un certain nombre d'opérations successives dont l'épuration de la semoule, le malaxage et la désaération, l'extrusion, le séchage et l'emballage. (Voir le schéma du processus de fabrication des pâtes longues) (Boudreau et Menard, 1992).

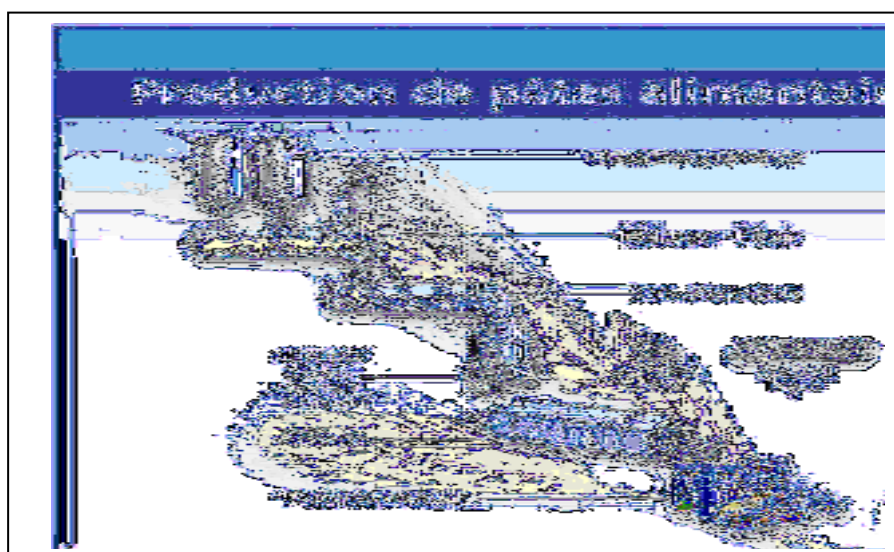


Figure n° 7 : production de pâtes alimentaires

IV.4.1 :L'hydratation (Dosage)

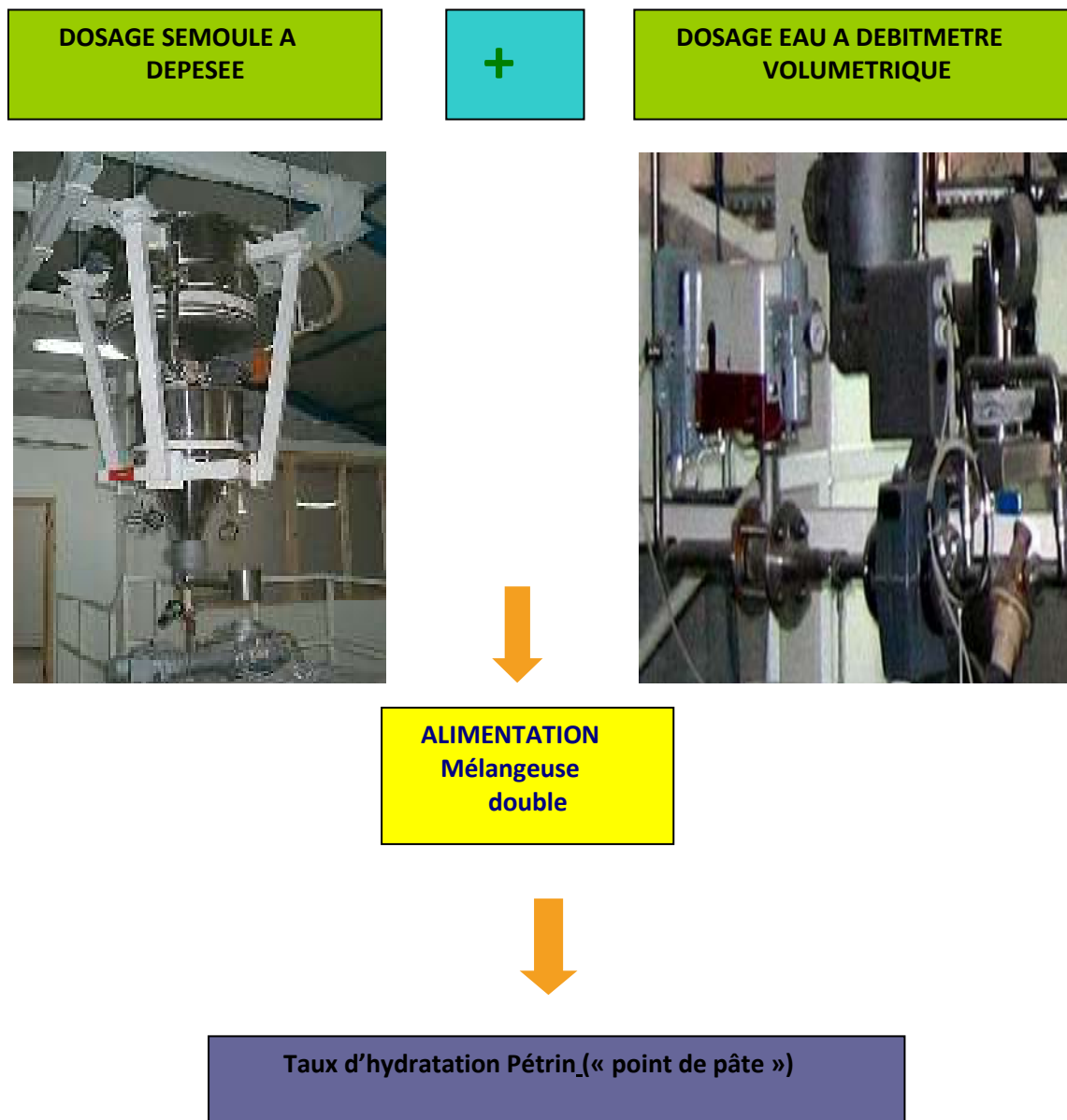
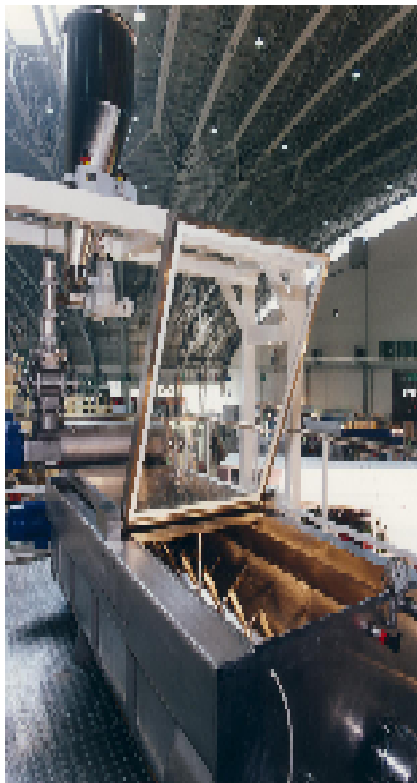


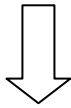
Figure n° 8 : La presse : Dosages ingrédients + eau

Selon **Smith et Huri. (2004)**, les pâtes alimentaires sont fabriquées en mélangeant de l'eau, éventuellement des œufs et de la semoule. On cherche par cette étape d'hydratation à ramener l'humidité de la semoule, qui est initialement aux environ de 14-15,5 % de la matière sèche, à une humidité finale allant de 30 à 35% de la matière sèche ; ainsi de la quantité d'eau ajoutée se calcule par rapport à l'humidité initiale.

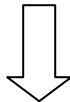
IV.4.2 : Malaxage (mélange) & Pétrissage (compression)



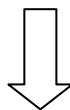
SEMOULE
+ EAU



Hydratation
périphérique des



Diffusion de l'eau de la
périphérie vers le
centre (protéines,
amidon)



MELANGE
GRANULAIRE

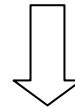
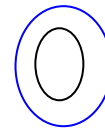
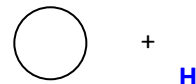


Figure n° 9 : La presse hydratation et malaxage

Après hydratation, la semoule est malaxée pendant environ 15 minutes dans un malaxeur. Le malaxage permet de distribuer l'eau entre les particules de semoule le plus uniformément possible, de manière à obtenir des grumeaux de taille variable, pouvant atteindre 2 à 3 cm de diamètre. A ce stade un vide 50 à 70 cm de hg est appliqué ; ce vide assure une fonction ; d'une part l'absence d'oxygène réduit l'oxydation des pigments caroténoïdes donnant aux pâtes une couleur plus intense, d'autre part, le vide empêche la formation de bulles d'air qui influent négativement sur la qualité des pâtes sèches (pâtes moins brillantes, moins translucides, avec une texture collante) (Smith et Huri, 2004).

IV.4.3 Extrusion

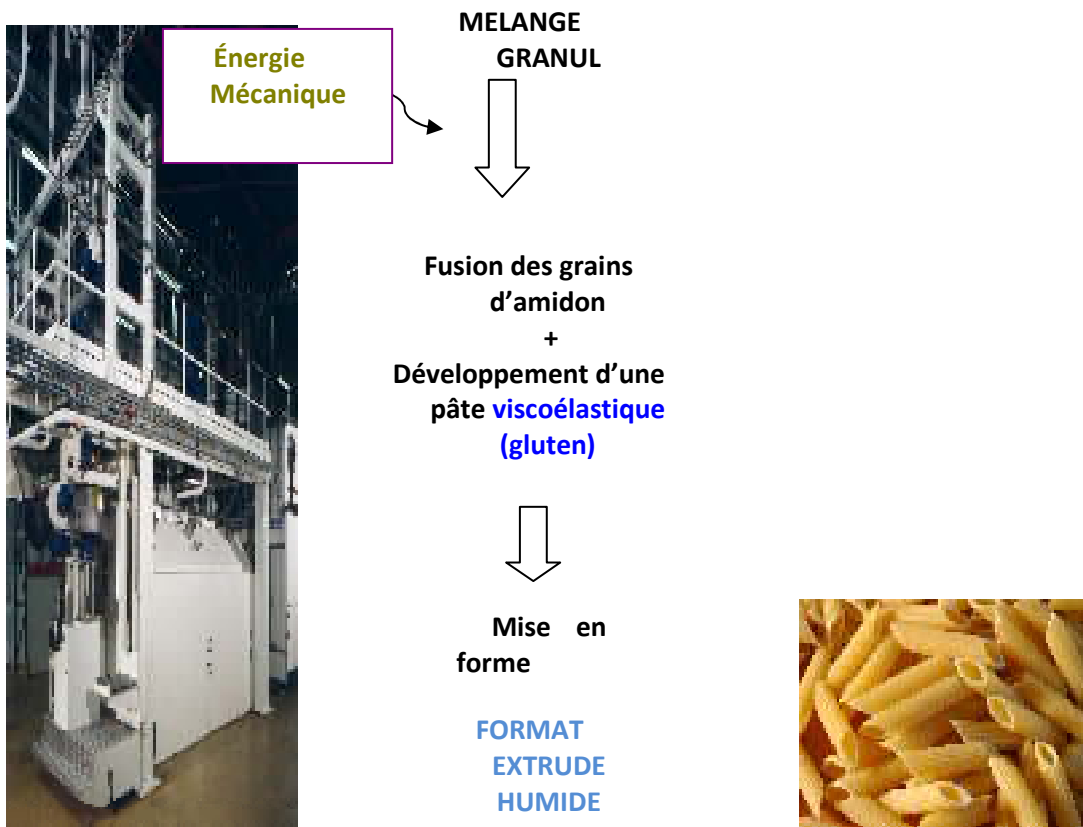


Figure n° 10 : La presse : extrusion et mise en forme

Après malaxage le mélange obtenu est extrudé sous vide au moyen d'une vis sans fin. La pression exercée, la chaleur, ainsi que le travail de cisaillement, conduit à la formation d'un réseau de gluten continu dans la tête, celle-ci devient alors élastique et translucide, la température qui ne doit pas excéder les 45-50°C (Smith et Huri, 2004).

IV.4.4 Pré-séchage & Séchage

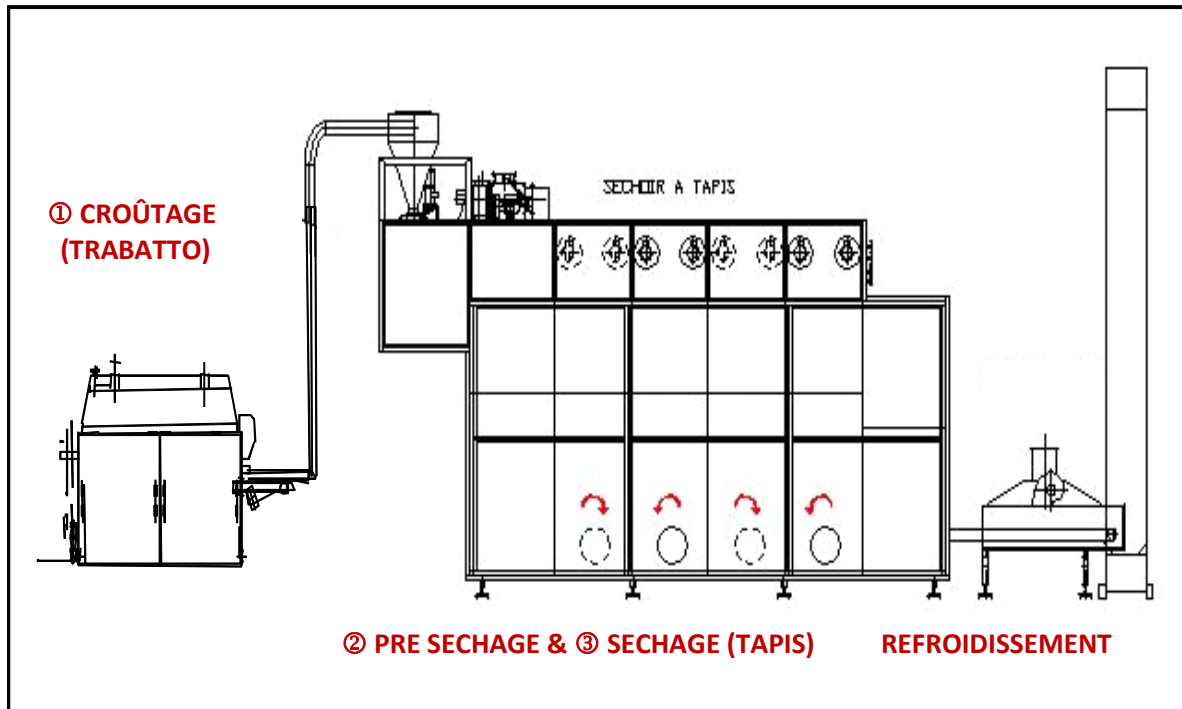


Figure n° 11 : Pré-séchage & Séchage

Les pâtes justement extrudées ont une humidité de 29 à 31% ; ces pâtes doivent être séchées de manière à ce que leur humidité finale n'excède pas 12,5% (humidité optimale pour la conservation des pâtes alimentaires). Un séchage trop lent à une basse température pourrait conduire au développement de moisissures et à la décoloration du produit, tandis qu'un séchage trop rapide nécessite des températures élevées, peut provoquer la dénaturation des protéines et la gélatinisation de l'amidon induisant l'apparition de fissuration et de gerçures (Kent et Evers, 1994).

D'après Jeantet et al. (2007), ce séchage s'effectue généralement en deux étapes :

- * Le pré-séchage ou *incartamento* : permet d'éliminer 30 à 40% de l'eau contenue dans la pâte en un minimum de temps (30% pour les pâtes courtes, 40% pour les pâtes longues).
- * Le séchage définitif ou *essiccazione* : le séchage qui se fait de manière progressive avec une alternance de phase de séchage et de rééquilibrage d'humidité (*rinvenimento*).

IV.4.5. Emballage (conditionnement)

Les pâtes alimentaires sont souvent emballées dans des sacs en cellophane ou en polyéthylène basse densité ou encore dans des boîtes en carton. Ces emballages ont pour fonction de : maintenir le produit fini à l'abri des contaminations microbiennes et des réactions enzymatiques et oxydatives, de le protéger contre les dommages qui peuvent survenir lors de

la livraison et du stockage ainsi que d'attirer et de séduire le consommateur (**Karel et al. 2000**).

IV.5 Classification des pâtes alimentaires :

Les pâtes alimentaires se présentent sous des formes très variées, cependant on peut les classer en deux catégories bien distinctes suivant les machines dont elles sont issues :

IV.5.1. Les pâtes extrudées



Figure n° 12 : Pâtes extrudées

Sont préparées à l'aide des presses munies de filières qui forment les pâtes longues comme les macaronis et le spaghetti ainsi que les pâtes coupées ou courtes comme les bagues, les candies divers et certaines pâtes à potage.

IV.5.2 les pâtes laminées :



Figure n° 13 : pâtes laminées

Elles sont préalablement fabriquées par des presses munis d'une filière à fente aux malaxeurs spéciaux capable de produire des pâtes sous forme de feuilles, entrent dans cette catégorie des pâtes à potages des pâtes ruban, des pâtes farcie et autres pâtes.

IV.6.Types de pâtes alimentaires

Les pâtes alimentaires offertes à la consommation sont multiples, comme on peut le voir dans le tableau n° 10.

Tableau n° 10: Types de pâtes alimentaires et critères de différenciation

Critères	Exemples
Teneur en eau	Pâtes alimentaires sèches/fraîches.
Composition des produits de la minoterie	Pâtes alimentaires de blé tendre et de blé dur, à la farine complète, etc.
Genre des ingrédients : -incorporés à la pâte -externe de la pâte	Pâtes aux œufs, pâtes aux légumes, pâtes farcies etc.
Forme	Spaghetti, plombs, langue d’oiseau, vermicelle, etc.
Procédés de fabrication	Procédés de laminage, d’extrusion.

(Ugrinovits *et al.*, 2004)

IV.7 La valeur nutritive

Les pâtes alimentaires ont une mauvaise réputation. On les croit riches en gras et en protéines et certains évitent de les manger pour éviter de prendre du poids. Il faut savoir que, comme pour la salade et les pommes de terre, ce n’est pas l’aliment de base qui est riche en calories mais ceux dont on se gâte. Sauces, beurre, crème et autres ajoutent à votre tour de taille bien plus que les pâtes alimentaires.

Les pâtes sont des aliments riches en protéines et en énergie. Elles tirent leur énergie de l’amidon qui les compose et qui se digère lentement. Quant aux protéines, elles sont souvent faites de farine de blé enrichie. Vérifiez d’ailleurs si tel est le cas, vous risquez de manger une pâte avec la même valeur nutritive que le carton. Si vous avez le choix, il est recommandé de prendre des pâtes faites de blé entier. (Anonyme)

IV.8.Qualité des pâtes alimentaires

IV.8.1 Définition de la qualité

L’agence française de normalisation (AFNOR) donne comme définition : « la qualité d’un produit ou d’un service est son aptitude à satisfaire les besoins des utilisateurs » (Norme AFNOR NFX 50. 120)

La qualité des pâtes alimentaires dépend essentiellement de semoules ou farine employées ainsi que de l'eau ayant servi au malaxage. Mais la qualité est tributaire également des soins apportés dans la fabrication et, notamment, au séchage et à la conservation, les bonnes pâtes doivent être bien sèches : la teneur maximum en humidité ne doit pas dépasser 12 ou 13%. On devra considérer leur aspect ainsi que leurs caractéristiques culinaires, hygiéniques et nutritionnelles (**Boudreau et Menard, 1992**).

Tableau n° 11: Principaux critères de qualité des pâtes alimentaires.

Caractéristiques des pâtes avant cuisson	
Apparence	Absence de bulles et de fissures, surface opaque.
Couleur	Jaune et très brillante
Propriétés rhéologiques	Résistance à la rupture, et absence d'adhésion entre les brins.
Comportement des pâtes après cuisson	
Perte à la cuisson	Limitée.
Gonflement	Très importante, avec une rapide absorption d'eau.
Couleur	Conservation de la couleur.
Propriétés Rhéologiques	Absence d'adhésion entre les brins.

(Hui, 2007)

IV.8.1.1. Qualité culinaire

Elle se manifeste lors de la cuisson, ces critères sont sous la dépendance de facteurs diverses agronomiques et/ou technologiques. Il s'agit de :

- Temps minimal, optimal et maximal de cuisson, qui correspondent respectivement au temps à partir duquel l'amidon est gélatinisé, au temps nécessaire pour donner à la pâte la texture recherchée et au temps au-delà duquel les produits se désintègrent dans l'eau de cuisson.
- L'absorption d'eau (ou le gonflement) pendant la cuisson, caractéristique aisément mesurée en déterminant le poids des pâtes avant et après cuisson, d'une manière générale 100g de pâtes sèches fixent 160-180ml d'eau.
- La texture des produits cuits rend compte de la fermeté et de la masticabilité des pâtes après cuisson, qu'on peut déterminer par des mesures à caractères rhéologiques : fermeté et viscoélasticité.

– L'état de surface ou de désintégration des produits cuits dont dépend le degré d'adhésion des brins entre eux (notion de collant) et l'aspect plus au moins lisse des produits cuits (notion de délitescence).

– L'arôme et le goût

(Abecassis et Chaurand, 1997).

IV.8.1.2. Qualité nutritionnelle et énergétique

Suspectées d'être très caloriques et de faire grossir, les pâtes alimentaires sont souvent été bannies de nos assiettes ; pourtant pauvre en graisses et riches en glucides complexes du type amidon et en protéines végétales, elles s'intègrent parfaitement dans une alimentation équilibrée, comme on peut le constater dans le tableau :

Tableau n° 12: Composition des pâtes alimentaires issues du blé dur.

Nutriments (/100g/ms)	Pâtes qualité supérieure	
	Crues	Cuites
Eau (%)	12,5	69
Energie (Kcal)	360	125
Protéines (g)	11,5	4
Glucides (g)	74	26
Lipides (g)	1,5	0,5
Calcium (mg)	20	7
Fer (mg)	1,5	0,5
Thiamine (mg)	0,15	0,05
Riboflavine (mg)	0,09	0,03
Acide nicotinique (mg)	1,5	0,05
Vitamines A (U, I)	0	0

(Fredot, 2006)

IV.8.1.3. Qualité hygiénique

La qualité microbienne des pâtes alimentaires ne se suscite pas de difficultés. Cependant, la possibilité de contamination ne doit pas être sous-estimée. Il existe un risque non négligeable de présence de salmonelles et de staphylocoques, notamment dans les pâtes aux œufs, même si ces derniers sont ajoutés à l'état poudre. La présence de mycotoxines et de résidus de produits phytosanitaires peut être une autre source de toxicité. Le contrôle rigoureux de la qualité du blé sur le marché et à l'entrée de la semoulerie élimine ce risque. Des impuretés (poils de rongeurs, débris d'insectes) peuvent être présentes dans des semoules et se retrouver dans les pâtes. Il est quasi impossible de garantir l'absence totale de cette matière étrangère

inoffensive, car les opérations de mouture reposent sur des moyens physiques de séparation constitués essentiellement de système de tamisage appliquant les principes de la gravité, par ailleurs, un grand effort a été fait par l'ensemble des fabricants pour améliorer la qualité hygiénique de leurs équipements. Les matériaux qu'ils utilisent sont le plus souvent e acier inoxydable et le mode de construction des machines à malaxage et à extrusion permet un nettoyage relativement aisé (**Boudreau et Menard, 1992**).

Partie expérimentale

Matériel
Et
Méthodes

Objectif du travail

Notre étude a été réalisée au niveau de l'unité SIDI EZZRAIMI du groupe SIM et les différents laboratoires suivants :

- Laboratoire physico-chimique au niveau de groupe SIM, semoulerie industrielle de la Mitidja, Ain-romana- Mouzaia, Blida.
- laboratoire microbiologique au niveau de groupe SIM, Mouzaia, Blida.
- laboratoire physico-chimique d'INSFP (institut national spécialisé de la formation professionnelle), Bougara, Blida.

L'objectif de notre travail est d'étudier les propriétés physico- chimiques et la qualité technologique des pâtes courtes.

Présentation de l'entreprise du groupe SIM: « lieu de stage »

La semoulerie industrielle de la Mitidja SIM, est située au piémont de l'atlas blidéen dans la zone de Ain-Romana ; a été fondé dans les années 90 comme une petite entreprise familiale activant dans le domaine de la transformation du blé, ou elle fait office de pionnier en sa qualité de première société privée dans cette filière d'activité en Algérie. SIM est entrée en exploitation en 1994, par la production de semoule et de ses dérivés, avec une capacité de 150 tonnes/jours et un effectif de 40 employés.

Après plus d'une décennie d'existence, la société SIM a réussi à occuper une place de leader incontesté du marché algérien avec une part qui avoisine les 18% dans le domaine des produits céréaliers.

D'une dimension familiale extrêmement modeste à son démarrage, la société SIM s'est érigée en un groupe industriel et financier largement diversifié dans ses activités.

Par ailleurs, SIM s'est ouvert un partenariat étranger en créant une société mixte Algéro-italienne en 1997 ; dans le domaine de la maintenance et l'approvisionnement de pièce de rechange pour les unités de production meunerie, d'autre part, SIM est partie prenante dans une société nationale dans le domaine des énergies renouvelable "NEAL" en 2002.

Pour l'ensemble du groupe, l'investissement existant a évolué jusqu'à 57.000.000 d'Euros, tandis que les investissements en cours d'engagement sont de 16.700.000 Euros.

En fin de 1990 à 2003, le capital social entièrement versé est passé de 128.000 Euros à 341.170.647 Euros.

Tableau n°13 : L'activité de l'entreprise et l'évolution des ressources humaines.

Périodes	Activités	Effectif
1994	Semoule Alimentation de bétail	63
1995	Semoule + farine Alimentation de bétail	154
2000	Semoule + farine Pâtes alimentaires Alimentation de bétail	296
2001 à ce jour	Semoule + farine Pâtes alimentaires Couscous Alimentation de bétail	683

➤ **Evolution de la production**

Concernant l'évolution de la production, elle a connu une croissance sur deux plans, la quantité produite qui est passé de 150 tonnes/jours en 1994 à 2000 tonnes/jour, actuellement et diversité de la gamme des produits.

Tableau n°14 : évolution de l'entreprise.

Année	Unité de production	Capacité de production
1994	Une semoulerie	150T/J
1998	Une minoterie	400T/J
1999	Une semoulerie	300T/J
2000	Une ligne pâtes courtes Une ligne pâtes longues Une ligne de couscous (n°1).	1500Kg/h 1700Kg/h 1200kg/h
2001	Une ligne de couscous (n°2) complexe SIM. Une semoulerie Ain Defla. Une minoterie Ain Defla	1200kg/h 100T/J 100T/J
2002	Une ligne de couscous (n°3).	1200kg/h
2004	Une ligne de couscous (n°4). Une semoulerie Une minoterie Une ligne pâtes longues	1200kg/h 200T/J 200T/J 1700Kg/h
2005	Une ligne de couscous	2400kg/h

V. Matériel et méthodes

V.1. Matériel Biologique

- Le blé dur

Le blé dur réceptionné au niveau de l'unité « SIDI RABAH » est un blé d'importation (blé français)

- Les semoules

Les semoules ont été prélevées au niveau du doseur à l'entrée de la ligne de fabrication de pâtes alimentaires de l'unité « SIDI EZZRAIMI » groupe SIM.

-Eau de procès

Utilisée lors de la fabrication des pâtes, elle subit différents traitements.

- Les pâtes alimentaires courtes

Les échantillons ont été prélevés au niveau de la sortie de la ligne de fabrication de pâtes alimentaires courtes (plomb, coude04, coude 06, vermicelle, langue d'oiseau), unité « SIDI EZZRAIMI » groupe SIM.

Echantillonnage

L'échantillonnage est l'ensemble des opérations qui consiste à passer d'un lot initial à un échantillon à analyser au laboratoire.

L'échantillonnage des grains est effectué sur la base de la méthode normalisée NE 1.123.85

V.2. Les méthodes analytiques

Tableau n°15 : les analyses physico-chimique, microbiologiques et organoleptique effectuées sur les matières premières et produits finis

Produit	Grain de blé dur	Semoule (SSSE)	Eau	Les pates courtes
Analyses				
Impuretés	+	-	-	-
Humidité	+	+	-	+
Protéines	+	-	-	+
Pois spécifique	+	-	-	-
Poids de 1000 grains	+	-	-	-
Taux de cendre	+	+	-	+
Dosage de gluten	-	+	-	-
Granulation	-	+	-	-
TA	-	-	+	-
TH	-	-	+	-
TAC	-	-	+	-
Indice de jaune	-	-	-	+
Test de cuisson	-	-	-	+
Analyses organoleptique	-	-	-	+
Recherche de clostridium	-	+	+	+
Recherche de moisissure	-	+	-	+
Recherche de coliforme	-	-	+	-
Recherche de streptocoque	-	-	+	-

V.2.1. Les analyses qualitatives physico-chimiques effectuées sur le blé dur

V.2.1.1. l'Agréage

D'après AMEUR (2000), l'agréage des blés, consiste à déterminer les analyses qualificatives suivantes :

- La masse à l'hectolitre.
- Recherche des impuretés.
- Le taux de mitadinage (cas du blé dur).

a) poids spécifique

La détermination du poids spécifique est réalisée selon la norme : **NA -11-61/1986.**

Principe :

La masse à l'hectolitre appelée aussi poids à l'hectolitre ou poids spécifique(PS), consiste à mesurer la masse d'un hectolitre de grain exprimée en kilogrammes à l'aide d'un Niléalitre.

b) Détermination de la masse de 1000 grains

La présente norme décrit une méthode de détermination de la masse de 1000grains de céréales, elle est effectuée selon la norme **NFV 3.702.**

Intérêt de la détermination

Elle est déterminée sur 500 grains pris au hasard, le résultat obtenu est ensuite rapporté aux 1000 grains, la valeur exprimée en gramme. La détermination de poids de 1000grains fournit une bonne évaluation du degré d'échaudage celle mesure confirme en quelque sorte le PHL au point de vue échaudage du blé.

Principe

Pesée d'une quantité d'échantillon, séparation des grains entiers, pesée du reste de l'échantillon et déduction de la masse des grains entiers, comptage des grains entiers et par conséquent obtention de la masse de 1000grains.

c) Recherche des impuretés

La détermination des impuretés est réalisée selon la norme : **NA-11.78/1990**.

Principe :

La recherche des impuretés est l'opération qui a pour but de séparer, de classer et de peser les différentes impuretés contenues dans un échantillon (**Godon et Loisel, 1997**).

V.2.1.2. Taux d'humidité (teneur en eau)

Selon la méthode de normalisation en Algérie : **NA-11.32/1990** en concordance technique avec la norme française : **NF.V.03707** (Mars1976).

Principe

Séchage du produit à une température comprise entre 130 et 133°C, à pression atmosphérique normale, après broyage éventuel du produit.

But

La mesure de la teneur en eau a deux intérêts principaux :

- Analytique : elle permet de rapporter le résultat d'analyse à une base fixée, la matière sèche, ce qui permet la comparaison de différents échantillons.
- Technologique : pour la détermination et la conduite rationnelle des opérations de récolte, de stockage et de conditionnement de céréales de leurs transformations.

Mode opératoire (voir annexe 1).

V.2.1.3. la teneur en protéine

L'azote total est dosé selon la méthode de **Kjeldahl** appliquée aux céréales et normalisée en Algérie sous la référence **NA.11.85/ 1990** en concordance technique avec la norme française **NFV.03-050** (Septembre1970).

Intérêt

La teneur en protéine est un critère important d'appréciation de la qualité aussi bien pour l'alimentation animale (valeur alimentaire d'un produit) que l'alimentation humaine (valeur d'utilisation).

Cette détermination est presque toujours spécifiée dans les contrats et compte tenu des relations qui existent entre la teneur en protéines et la valeur d'utilisation des variétés.

Principe

On admet que la totalité de l'azote contenue dans les grains est sous forme protéique.

La teneur en azote est mesurée par une méthode chimique (**méthode de kjeldahl**). Elle consiste en la minéralisation de l'échantillon par l'acide sulfurique.

L'alcalinisation des produits de la réaction par addition d'une quantité suffisante d'hydroxyde de sodium.

Distillation de l'ammoniac libéré et titrage de la teneur en protéines qui se calcule à partir de la teneur en azote par l'intermédiaire d'un facteur de conversion qui est de 5.7 dans le cas de l'alimentation humaine.

Mode opératoire (voir annexe 2).

V.2.2. Les analyses effectuées sur la semoule

V.2.2.1 Les analyses physico-chimiques

a) taux de cendre

Selon la norme algérienne **NA 732/1991**, qui est en concordance technique avec la norme française **NFV 03.760 (décembre1981)**.

Intérêt

La mesure de la teneur en cendres a un intérêt essentiellement réglementaire : elle permet de classer les farines et les semoules.

-classement des farines selon les types définis par la réglementation.

- classement des semoules pour la fabrication des pâtes alimentaires.

Principe

Le principe repose sur l'incinération du produit dans une atmosphère oxydante à une température de 900°C (céréales et produit de mouture) ou 550°C (issues, germes légumineuses et produits dérivés), jusqu'à combustion complète de la matière organique.

-La teneur en cendres est déterminée par la pesée du résidu.

Mode opératoire (voir annexe 3).

b) taux d'humidité (teneur en eau)

Selon la méthode de normalisation en Algérie : **NA.11.32/1990 (voir annexe 1).**

c) Dosage du gluten

Selon la norme française **NF.1.1.24. ISO 5531**

Intérêt

Cette analyse nous renseigne sur la quantité du gluten que renferme le produit donc sur le complexe protéique insoluble dans l'eau salée, qui est constitué essentiellement de gliadine et de gluténine, il constitue de l'armature de la pâte et lui communique ses propriétés rhéologiques.

Principe

Le dosage du gluten repose sur son insolubilité dans l'eau et les solutions salines diluées, et sa propriété de s'agglomérer lorsqu'on le malaxe sous un courant d'eau qui entraîne les autres constituants.

Mode opératoire : (voir annexe 7).

d) Granulométrie des particules (taux d'affleurement)

Selon la norme française **(NF V03-721, 1994).**

Principe

La granulométrie est une opération de classement des particules selon leurs tailles, par présentation sur des surfaces perforées. Ces derniers laissent passer des grains de dimensions inférieures aux dimensions des perforations tandis que les grains de dimensions supérieures sont retenus. Le but de la granulométrie est de déterminer l'homogénéité de l'échantillon (semoule ou couscous).

Pour notre analyse, nous avons utilisé des tamis dont les ouvertures des mailles sont : Pour la semoule

Mode opératoire : (voir annexe 4)

V.2.2.2. les analyses microbiologiques

Principe général

Les analyses microbiologiques consistent en premier lieu à isoler les microorganismes présents dans un échantillon solide, par une mise en suspension dans un liquide approprié, le diluant. Ces microorganismes vont être placés au contact d'un milieu nutritif approprié, dans des conditions optimales de température et d'humidité (**Godon et Loisel, 1997**)

Dans le cas des céréales, les microorganismes recherchés sont surtout les moisissures et clostridium sulfito-réducteur.

Dans les laboratoires de contrôle de qualité, les analyses microbiologiques se réalisent en 3 étapes fondamentales :

- ✓ La préparation des solutions mères.
- ✓ La préparation des dilutions
- ✓ La recherche et le dénombrement des germes

Préparation des solutions mères : pour préparer une suspension mère, nous procédons comme suit :

- introduire aseptiquement 25g de l'échantillon à analyser dans un flacon préalablement taré
- ajouter à l'aide d'une éprouvette graduée stérile, le volume de la solution (eau physiologique stérile) qui est 225 ml nécessaire pour obtenir la solution mère de $1/10$ ou 10^{-1}
- homogénéiser cette suspension

Préparation des dilutions :

La préparation des dilutions décimales est réalisée comme suit :

- préparer une série de tubes contenant chacun 9ml.

D'eau physiologique :

- Introduire 1 ml de solution mère dans le premier tube d'eau précédent, nous obtiendrons une dilution 10^{-2}

- Prélever en suite 1 ml de dilution 10^{-2} et le porte dans une 2eme tube d'eau physiologique, ce donnera une dilution de 10^{-3} .

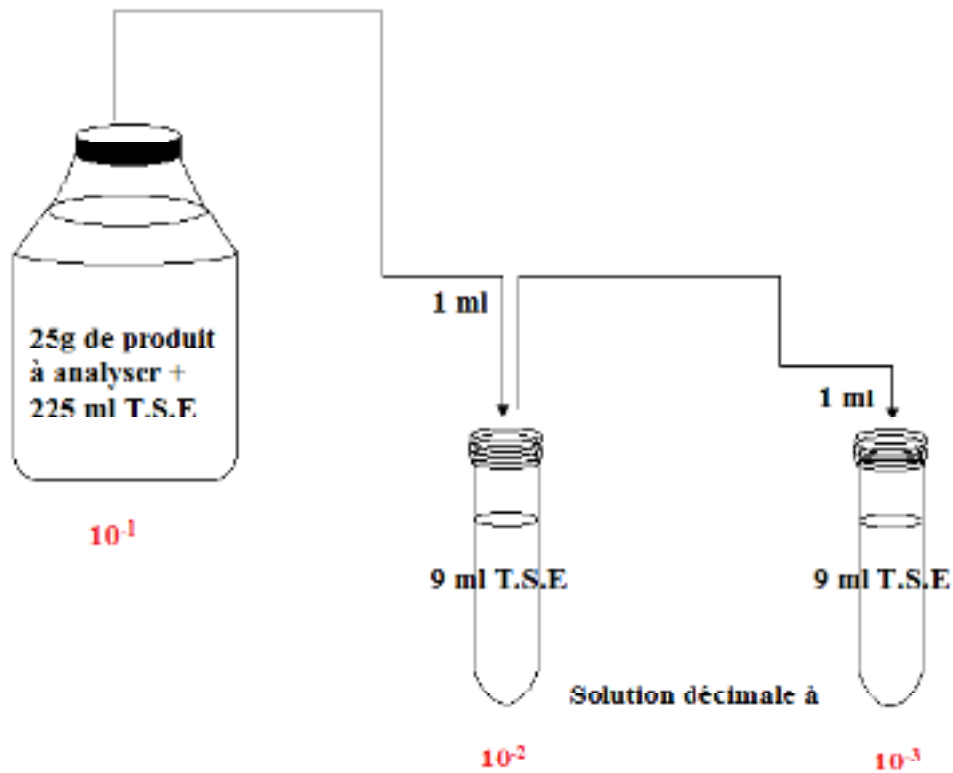


Figure n°11 : Préparation des dilutions décimales.

a) Recherche des spores de clostridium sulfito-réducteur

Selon la norme (Iso 66 49)

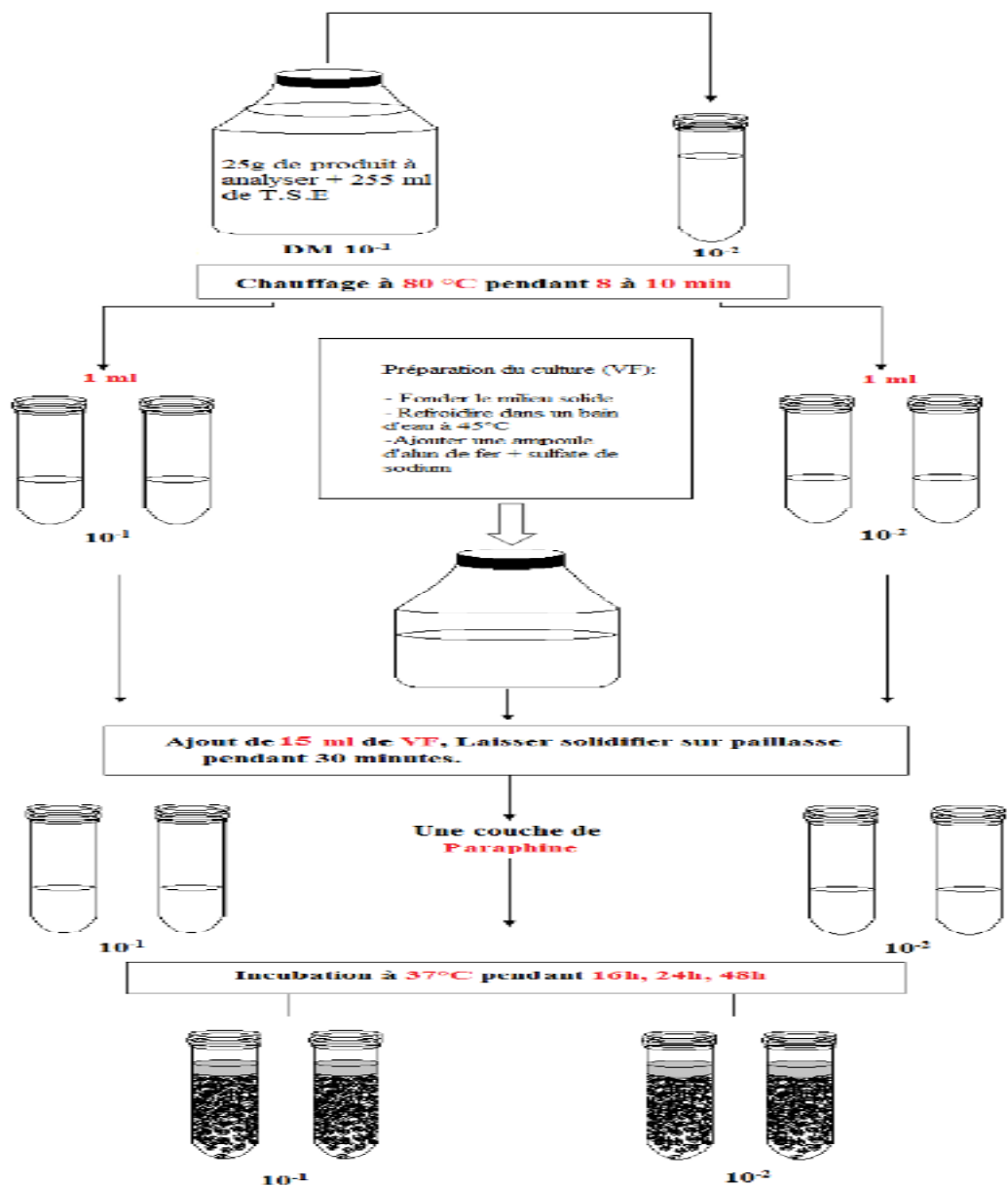


Figure n°12 : Recherche et dénombrement des spores de Clostridium sulfito-réducteur.

Principe

Le clostridium sulfito-réducteur est mis en évidence en utilisant la gelose viande foie (VF) auquel nous ajoutons le sulfite de sodium (milieu sélectif de clostridium qui réduit le

sulfite en sulfure) et l'alun de fer qui permette la formation d'un complexe noir entre le fer et le sulfure réduit par le clostridium

Mode opératoire : (Voir Annexe B 1)

b) Recherche et dénombrement des moisissures

Selon la norme (Jon°35 /1998).

Mode opératoire : (Voir Annexe B 2)

V.2.3. Les analyses effectuées sur l'Eau

V.2.3.1. Les analyses chimiques

a) Titre alcalimétrique simple (TA) et complet (TAC)

Elle se réalise selon la norme (AFNOR.1986)

Définition

L'alcalinité d'une solution, correspond à la présence de bicarbonate(HCO_3), carbonate(CO_3) et hydroxyde(OH)

- TA (titre alcalimétrique simple) : il est défini comme étant la somme de la concentration totale en ion hydroxyde et la demi-concentration en ion carbone

$$\text{TA} = [\text{OH}] + 1/2[\text{CO}_3]$$

- TAC (titre alcalimétrique complet) : il est défini comme étant la somme des ions $[\text{OH}]$, $[\text{HCO}_3]$ et $[\text{CO}_3]$, donc le TAC permet de connaître en bloc les hydrates carbonate et bicarbonate alcalino-terreux

$$\text{TAC} = [\text{OH}^-] + 1/2[\text{CO}_3^-] + [\text{HCO}_3^-]$$

Principe

La détermination de l'alcalinité est effectuée par une double acidimétrie en présence de phénolphtaléine, puis d'hélianthine

- si le pH de l'eau est de 8.2, elle contient des carbonates qui forment un système tampon, une acidimétrie en présence de phénolphthaléine mesure la concentration en carbonate.

- si le pH <8.2, l'eau ne contient pas de carbonates, les bicarbonates présentes sont en équilibre avec l'acide carbonique en formant un autre système tampon ; fonctionnent entre 4.2 à 8.2, une acidimétrie en présence d'hélianthine mesure la concentration en bicarbonate éventuellement présent.

Réactifs

- Acide chlorhydrique ou acide sulfurique 0.1N

- phénolphthaléine à 1%

- Hélianthine 0.1%

➤ **Appareillage**

- Burette graduée en 0.05ml

- Erlène Meyer de 150ml

Mode opératoire : (voir annexe 5)

b) Détermination de la dureté hydrométrique (TH)

Elle se réalise selon la norme (AFNOR.1986)

➤ **Définition**

La dureté de l'eau indique la teneur globale en sel de calcium et magnésium, elle mesure la concentration en ions calcium et magnésium.

$$TH = [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]$$

Principe

- Le dosage est basé sur une liaison instable entre un colorant le noir d'éviochrome T (NET) et les sels de Ca et Mg qui donnent une coloration rouge violacée.

- Le titrage de cette solution se fait par de l'EDTA qui déstabilise le complexe formé initialement et prend la place de l'indicateur coloré cause le virage de la solution du rouge en bleu.

- pour que le dosage se fait dans de bonnes conditions il faut se placer en milieu tamponné, ici à
pH =10

Réactifs

- Solution de sel di sodique d'acide éthylique diamine tétra-acétique (EDTA) à 0.01 M
- Noir d'éviochrome T(NET) (à 0.5% solution alcoolique 950)
- Solution tampon pH=10

Mode opératoire : (voir annexe 6)

V.2.3.2. les analyses microbiologiques

a) Recherche des spores de clostridium sulfito-réducteur

Principe

Le clostridium sulfito-réducteur est mis en évidence en utilisant la gelose viande foie (VF) au quel nous ajoutons le sulfite de sodium (milieu sélectif de clostridium qui réduisent le sulfite en sulfure) et l'alun de fer qui permet la formation d'un complexe noir entre le fer et le sulfure réduit par le clostridium

Mode opératoire : (Voir Annexe B 1)

b) Recherche des Coliformes totaux et fécaux

Mode opératoire : (Voir Annexe B 3)

c) Recherche des Streptocoques fécaux

Mode opératoire : (Voir Annexe B 4)

V.2.3. Les analyses effectuées sur les pâtes alimentaires

V.2.3.1. Les analyses physico-chimiques

a) Test de cuisson

- Définition du temps minimal de cuisson

Le temps minimal (T min), est atteint au moment où disparaît la ligne blanche continue visible au centre d'un brin de pâte en cours de cuisson, écrasé au moyen de la plaquette

On considère, par convention, que la ligne blanche a disparu lorsqu'elle n'est plus visible que sous forme de pointillée.

-Détermination du temps minimal de cuisson

Peser 2 L d'eau dans casserole, ajouter 14 g de chlorure sodium iodé et porter à ébullition.

Verser 100 g de pâtes entières dans l'eau à ébullition et les tordre dans la casserole.

Deux minutes avant le temps minimal de cuisson, estimé à priori d'après le format des pâtes, prélever une agglomération et l'écraser à l'aide de la plaquette d'écrasement.

Répéter la même opération toutes les 30 sec, jusqu'à disparition de la ligne blanche continue visible au centre d'un agglomérat écrasé.

-Cuisson normal

Mettre 2L d'eau potable dans une casserole, ajouter 14 g de chlorure de sodium iodé et porter à ébullition.

Verser 100 g de pâtes entieres dans l'eau à ébullition et les tordre dans la casserole.

Au temps T ; jusqu'à ébullition verser le contenu de la casserole dans un égouttoir ; laisser égoutter 15 sec, à partir du moment où toutes les pâtes cuites sont dans l'égouttoir, en agitant doucement celui-ci

Le gonflement et l'absorption d'eau se mesure en déterminant le poids des pâtes avant et après cuisson.

-La perte à la cuisson (pc)

Elle est déterminée en pesant le résidu de matière sèche, obtenu après évaporation d'une fraction d'eau de cuisson des pâtes, de 25 ml

La perte à la cuisson est exprimée en (g) par 100 g de la matière sèche, selon la formule suivante :

$$PC (g/100g ms) = (100 \times ES \times V/25) / 1100 - H$$

ES : poids d'extrait sec (g)

V : volume final de l'eau de cuisson (ml)

H : teneur en eau des pâtes crues (%)

- capacité de fixation d'eau (C)

Ce paramètre se mesure en déterminant le poids des pâtes avant et après cuisson (au temps T+11), et il rend compte de l'aptitude de la pâte à absorber l'eau au cours de la cuisson, elle est donnée par la formule suivante :

$$C (\%) = (p-100) / 100 - M-PC \times 100.$$

b) Teneur en eau (humidité)

La teneur en eau des semoules a été déterminée selon la norme **AFNOR V03-707**.

c) taux de cendre

La teneur en cendres dans les semoules a été déterminée selon la norme **AFNOR V03-720, 1981**.

d) dosage de protéine

La teneur en protéines est déterminées par la méthode de KJELDAHL selon la norme **NA 1185 de 1990** ; c'est une méthode indirecte du dosage des protéines.

V.2.3.2 les analyses microbiologiques

a) clostridium sulfite réducteur

Le clostridium sulfite-réducteur est mis en évidence en utilisant la gelose viande foie (VF) au quel nous ajoutons le sulfite de sodium (milieu sélectif de clostridium qui réduisent le sulfite en sulfure) et l'alun de fer qui permette la formation d'un complexe noir entre le fer et le sulfure réduit par le clostridium

Mode opératoire : (Voir Annexe B 1)

b) les moisissures

Selon la norme (**Jon°35 /1998**).

Mode opératoire : (Voir Annexe B 2)

Résultats
Et
Discussions

VI. Résultats et discussions

VI.1. Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur le blé dur :

Le tableau ci-dessous représente les résultats physico-chimiques effectuées sur le blé dur

Tableau N° 16 : Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur le blé dur.

Nature des analyses	Détermination des analyses	Résultats des analyses			
		Essai 1	Essai 2	Moyenne	Normes (*)
Analyses physiques	Poids spécifique (kg/hl)	84.9	84.3	84.6	≥ 78kg/hl
	Poids mille grains (g)	48.35	48.85	48.6	35 à 50
Analyses chimiques	Teneur en eau (%)	11.56	11.52	11.54	≤14.5
	Teneur en protéine (%)	13	12.96	12.98	≥11
	Teneur en cendre (% Ms)	1.83	1.77	1.8	1.7à 2
	Taux de mitadinage (%)	8.5	8.94	8.72	≤ 20
Recherche des impuretés	Grains sains	90.03	90.84	90.43	-
	l'orge	1.48	1.60	1.54	≤ 10%
	Grains maigres	0.81	0.83	0.82	
	Grains mouchetés	0.54	0.16	0.12	
	Grains coloré de germe	0.40	0.38	0.38	
	Grains avaries	0.00	0.00	0.00	
	Grains dégermes	1.46	1.46	1.46	
	Grains de blé tendre	0.61	0.53	0.57	
	Matière inertes	0.04	0.06	0.05	
	Grain nuisible	0.11	0.09	0.10	
	Grain cassé + petit grain	1.20	1.00	1.1	
	Grain punaisés	00.00	00.00	00.00	
	Grain caries	00.00	00.00	00.00	
	Grain étrangère	1.10	1.08	1.09	
Pierre, et particule métallique	1.2	1.2	1.2		

	Ergot	00.00	00.00	00.00	
	Somme total des impuretés	8.95	08.39	8.67	-
	Masse totale	98.92	99.23	99.07	-

(*) : Norme Algérienne

* Recherche des impuretés

D'après le tableau N° 16, nous avons observé un taux de mitadinage conforme à la norme algérienne (≤ 20), et une faible quantité de grain mouchetés, coloré de germe, maigre, matière inerte, comme nous avons noté qu'il y a une absence totale des grains avariés, punaisés, cariés et ergotés.

Le taux d'impuretés influe sur le rendement des lots de blé examinés (qualité technologique des lots de blé) et l'aspect du produit fini, certaines impuretés sont toxiques pour le consommateur (nielles, ergots), d'autre peuvent endommager les quantitatif de mouture (débris métalliques, pierres...).

La présence des grains cassés et mitadinés diminue le rendement qualitatif semoulier, ainsi que la présence des grains mouchetés et coloré influe sur la qualité des semoules et du produit fini (apparition des piqures noir sur les pâtes alimentaires).

* Poids spécifique

Le poids à l'hectolitre (PHL) se définit comme le poids de grains remplissant un volume donné, résultant de la densité du grain et de l'efficacité de conditionnement (**Ghadrei et al, 1971**).

Le PHL est utilisé depuis des décennies comme critère de qualité et reste employé dans de nombreux pays pour déterminer le prix. Cependant, les études sur le PHL sont controversées et l'utilité de ce caractère est de plus en plus mise en cause. (**Roberts, 1910; Shuey, 1960**).

Comparant à la norme algérienne, nous avons obtenu une valeur de poids spécifique élevé (84.6kg/hl), ce qui donne un rendement qualitatif très appréciable en semoulerie.

Cette valeur est presque comparable à celle donnée par **Zekkari (2013)**, et (**Bel et al 2005**), qui sont respectivement 86.8 et 83.00 kg/hl.

* Poids de mille grains

C'est un critère d'un grand intérêt dans les expérimentations agronomique. Il permet de caractériser une variété, de mettre en évidence les anomalies comme l'échaudage, d'étudier

l'influence des traitements en végétation ou des conditions climatiques, qui tous modifient la masse de 1000 grains (**Godon et Loisel, 1984**).

Les résultats obtenus montrent que la masse de mille grains est appréciable (48.6 g) par rapport à la norme algérienne (35 à 50 g), ce qui explique un rendement semoulier appréciable et des conditions de culture favorable et qui est en relation directe avec le PHL.

Cette valeur obtenue est comparable à celle trouvée par **Zekkari (2013)**, **Soltani (2010)** et **Younsi et al (2009)** qui sont respectivement 46.60 g, 46.28g et 45.44g. Elle est légèrement élevée à celle trouvée par **Benziane (2012)** et **Belhasnat (2001)** qui sont respectivement de 42.80 g et 42.51g.

* **Taux de mitadinage**

Le mitadinage est un accident physiologique courant chez le blé dur, il est directement lié à la teneur en protéine se trouvant en quantité insuffisante.

Selon le règlement communautaire algérien N° 824/2000 du 19 avril 2000, un grain mitadiné est un grain dont l'amande ne peut être considérée comme pleinement vitreuse. Le mitadinage est directement lié à la quantité de protéines contenues dans le grain, et dépend des conditions de cultures et de récolte : il déprécie la qualité des semoules et les produits dérivés.

D'après les résultats de figures dans le tableau n°16, le taux de mitadinage est acceptable et conforme à la norme algérienne (≤ 20).

Cette valeur (8.72%) est comparable à celle donnée par **Slimane (2007)** qui est de 7.21%, et **Benziane (2012)** qui trouve un taux de mitadinage acceptable 6,83% pour le blé français et 40,55% pour le blé local, ce dernier résultat très élevé est non acceptable.

* **Teneur en eau**

La mesure de l'humidité de blé est une opération capitale dans une semoulerie car elle permet de déterminer la quantité d'eau à ajouter lors du conditionnement mais aussi de savoir si nos blés peuvent être stockés sans risque d'altération par les moisissures.

La teneur en eau du blé dur étudiée est de 11.54% (MS), cette valeur est conforme à la norme en figure, ce qui confirme que notre produit plaiderait à une très bonne conservation et une longue durée de stockage et une bonne rentabilité pour l'unité.

Celle valeur obtenue est élevée par rapport à celles trouvées par **Zekkari (2013)** et **Benziane (2012)** qui sont respectivement de 8.95% et 7.39% .

* Teneur en cendres

Le taux de cendres intervient dans l'appréciation de la qualité physico-chimique des grains de blé, il varie d'un grain à l'autre et dépend essentiellement du nettoyage et du compartiment de la mouture.

D'après les résultats du tableau n° 16, il ressort que notre échantillon présente une teneur normal en cendres 1.8 % (MS) par rapport à la norme algérienne décrite 1.7 à 2 %(MS).

Selon (**Feillet, 2000**) le taux de cendres des grains de blé varie entre (1.6 et 2.1%), bien que les cendres constituent un élément nutritionnel essentiel, la législation favorise le blé peu minéralisé, car le blé fortement minéralisé sera pénalisé même si sa couleur et sa valeur pastière les classent parmi les meilleurs blés.

Notre résultat est proche de celui rapporté par **Slimane (2007)** qui signale une teneur de cendre de 1.89% (MS) pour le blé local.

Bel et Lakherba (2005) trouvent un taux en cendres acceptable variant entre 0.84 % et 0.92%, pour plusieurs variétés Algériennes (la belle, baghlia, corso).

De son coté, **Benziane (2012)** trouve des teneurs en cendre de 1.29% (MS) pour le blé local et 1.24%(MS) pour le blé français.

* Teneur en protéines

C'est l'un des critères intéressants à prendre en compte dans le classement des lots à la réception.

Les résultats montrent que notre échantillon est riche en protéines 12.98 %(MS) ce qui permet de donner une semoule de bonne qualité nutritionnelle et technologique.

Cette valeur obtenue est comparable à celle trouvée par **Slimane (2007)** qui situe le taux de protéine de blé dur à 13%(MS).

Selon **Godon (1998)**, le taux de protéines des grains de blé varie entre (10 et 12.5%) bien qu'une teneur de protéines faible donnerait des pâtes alimentaires non résistantes et n'a pas à une bonne tenue de cuisson.

VI.2. Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur la semoule :

Le tableau ci-dessous représente les résultats physico-chimiques effectuées sur la semoule

Tableau N° 17 : Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur la semoule

Les analyses effectuées		Semoule (3SE)	Normes (*)	
Analyse physique	Granulométrie μm	355-550	190-550	
Analyse Chimique	Teneur en eau (%MS)	14.1	< 14.5	
	Teneur en cendre (% MS)	0.72	<1	
	Teneur en protéine (%MS)	12.28	> 11%	
	Taux hydratation (%)	68.02	50-70	
	Acidité grasse en ms. (%)	0.035	≤ 0.055	
Analyse technologique	Dosage Du Gluten (%)	GH	36.11	< 100
		GS	12.02	11-13
Analyse organoleptique	Aspect		Homogène	-
	Odeur		Fraîche	-
	Couleur		Jaune	-
	Touchet		Fine au Toucher	-

(*) norme algérienne

✱ **Granulométrie**

L'analyse granulométrique permet de caractériser la répartition en taille et en pourcentage des particules qui composent une semoule, notamment elle peut influencer la vitesse d'hydratation de la semoule, en effet, plus une semoule est fine, plus elle est riche en amidon endommagé, ce qui entraîne une absorption élevée en eau, favorisant la formation de gros grumeaux nécessitant un recyclage (Sentor, 1983 et Matsuo, 1988).

Tableau n° 18 : granulométrie des semoules de blé dur (SSSE).

Ouverture des mailles (µm)	550	450	350	250	150
Cumulées	3,38	36,45	34,03	12,92	10,37

Nos résultats indiquent que la semoule issue du blé dur présente des granulométries homogènes (Jeantet et al ; 2007).

✱ **La teneur en eau**

L'évolution de la teneur en eau des semoules satisfait avant tout à une exigence de la réglementation qui fixe les valeurs maximales à 14,5% (JORA, 2007).

Tableau n° 19 : Teneur en eau des semoules de blé dur (SSSE).

	L'humidité (%MS)			
	1 ^{er} Essai	2 ^{eme} Essai	Moyenne	NA
Semoule 3SE	14.2	14	14.1	< 14.5

La teneur en eau des semoules de blé dur destinées à la fabrication des pâtes alimentaires sont conformes à la norme algérienne.

✱ **La teneur en cendre :**

L'évolution de la teneur en cendre des semoules satisfait avant tout à une exigence de la

réglementation qui fixe les valeurs maximales à 1% (JORA, 2007).

Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau n° 20.

Tableau n° 20 : Taux de cendres des semoules de blé dur (SSSE).

	Taux de Cendres (%MS)			
	1 ^{er} Essai	2 ^{eme} essai	Moyenne	NA
Semoule 3SE	0.71	0.73	0.72	< 1

Le taux de cendres représente la quantité totale des matières minérales présentes dans un échantillon. La pureté des semoules est appréciée indirectement par le taux de cendres (détermination par la norme algérienne et exprimé en pourcentage par rapport à la matière sèche).

D'après les résultats indiqués dans le tableau N°20, on remarque que le taux de cendre (0.72) de nos semoules (3SE), destinées à la fabrication des pâtes alimentaires est conforme à la norme algérienne.

*** La teneur en protéines :**

Tableau n° 21 : Teneur en protéines des semoules de blé dur (SSSE).

	Teneur en protéine (%MS)			
	1 ^{er} Essai	2 ^{eme} essai	Moyenne	NA
Semoule 3SE	12.26	12.30	12.28	> 11%

En se référant à la réglementation algérienne qui fixe la valeur minimale d'intervention à 11%, et d'après les résultats obtenus, les teneurs en protéines des semoules sont conformes à la norme algérienne.

✱ **le taux de gluten :**

Tableau n° 22 : taux de gluten des semoules de blé dur (SSSE).

	Taux e gluten (%)			
	1^{er} Essai	2^{eme} essai	Moyenne	Norme
Gluten sec	12	12.04	12.02	11 – 13
Gluten humide	36.02	36.2	36.11	<100
Coefficient d'hydratation	68.06	67.98	68.02	50 – 70

D'après les résultats obtenus, on constate que la semoule contient une teneur en gluten conforme aux normes algériennes. Et selon **Egidio et al. (1997)**, qui précisent que les semoules ayant des teneurs entre 11 et 13% de gluten sec, une teneur de gluten humide inférieure à 100%, et un coefficient d'hydratation entre 50 et 70%, peuvent fournir un produit fini de bonne qualité.

✱ **l'acidité grasse**

L'acidité grasse est un indicateur de l'état de bonne conservation de la semoule. En effet au cours de la conservation, les lipides ont tendance à se dégrader en se transformant en acides gras libres.

Tableau n° 23 : acidité grasse des semoules de blé dur (SSSE).

		L'acidité Grasse(%MS)			
		1 er Essai	2eme essai	Moyen	Norme
Semoule	3SE	0.032	0.038	0.035	< 0.055

Les résultats obtenus résumés dans le tableau N°23, sont conformes aux normes (>0.055)

VI.3. Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les pâtes alimentaires:

Tableau N° 24 : Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les pâtes courtes.

Analyses	H %	Taux de cendre%	Taux de protéines%	T Min	PC g/100g ms	C%	Etat de surface
Les Pâtes							
Normes	<12.5	<1 %	11,5-13%	-	-	-	-
Coude 04	11.92	0.85	11.75	14	6.1	211.02	Bon
Coude 06	12.02	0.70	11.72	13	6.12	214.36	Bon
Langue d'oiseau	12	0.73	11.74	14	6.09	210.54	Moyen
Plomb	11.86	0.88	11.6	15	6.09	208.06	Collant
Vermicelle	12.03	0.70	11.68	14	6.12	210.52	Bon

✱ **Teneur en eau**

D'après **Kent et Evers. (1994)**, les teneurs en eau des pâtes alimentaires sèches ne doivent pas excéder les 12,5%, humidité au dessous de laquelle elles peuvent être conservées sans risque d'altération par les moisissures ou les microorganismes.

Le taux d'humidité de nos pâtes courtes varie entre 11,86-12,03%, ces valeurs sont conformes aux normes, et permettent une bonne conservation du produit.

✱ **Teneur en cendre**

Les teneurs en cendres des pâtes alimentaires ne doivent pas excéder le 1% (**Feillet, 2000**).

D'après le tableau n° 24, les valeurs des taux de cendre de nos pâtes courtes varient entre 0.70 et 0.80, et sont conformes aux normes.

Le taux de cendre pour les pâtes alimentaires courtes varie souvent en fonction de la pureté des matières premières (l'efficacité du nettoyage, conditionnement et la mouture) donc : un meilleur conditionnement (mouillage + repos) de ces lots de blé dur, et une meilleure trituration donne un produit pur.

* **Taux de protéines**

D'après **Feillet. (2000)**, les pâtes peuvent contenir entre 11,5 et 13% de protéines.

Les teneurs en protéines de nos pâtes présentées dans le tableau n° 24 varient entre 11.6 et 11.75, des valeurs qui sont conformes aux normes.

Ces valeurs obtenues peuvent influencer et donner une bonne qualité plastique des pâtes alimentaires.

Analyses technologique

a) Evaluation de la qualité culinaire des pâtes alimentaires :

La qualité culinaire est une notion difficile à appréhender, certains l'assimilent à l'aptitude des pâtes alimentaires à résister à la désintégration et à conserver un degré satisfaisant de fermeté après une cuisson prolongée, d'autres y intègrent la tendance à coller, la capacité d'absorption d'eau, la faculté de résister à la cuisson et à la sur-cuisson et à donner des produits d'un bon goût et d'un bel aspect (**Feillet, 1986**).

b) Temps de cuisson :

En se référant au tableau n° 24, nous constatons qu'il y a une corrélation positive entre la teneur en protéines totale et le temps de cuisson. En effet, selon **Lorenz et al. (1972)**, plus la teneur en protéine est élevée, plus le temps que met l'eau pour traverser la trame protéique pour gélatiniser l'amidon est long.

c) Perte de cuisson :

La perte de cuisson est le paramètre le plus important dont il faut tenir compte car il détermine la tenue des pâtes, et grâce à cette analyse, on détermine les pertes de substances dans l'eau de cuisson, ces derniers doivent rester aussi limpides que possible.

D'après **Abecassis. (1991)**, la perte à la cuisson renseigne sur le degré de désintégration des pâtes à la sur-cuisson, qu'**Okandza. (2000)**, l'explique par une dénaturation des protéines (rupture des liaisons disulfures, hydrogènes, hydrophobes, et ioniques sous l'action de la température) qui précède la gélatinisation de l'amidon et qui se traduit par un relâchement du réseau protéique laissant diffuser l'amylose solubilisé hors des grains.

Nos résultats (tableau n° 24), montrent que nos pâtes ont une bonne tenue à la cuisson.

d) Gonflement des pâtes :

Le gonflement rend compte de l'aptitude de la pâte à retenir plus ou moins l'eau. Ce paramètre influe directement sur le poids des pâtes cuites.

Nos résultats (tableau n° 24) confirment ceux d'**Adams. (1987)**, selon lesquels plus que les pâtes qui ont un temps de cuisson élevé présentent des capacités de rétention d'eau plus faible.

e) L'état de surface des pâtes cuites :

Nous avons clairement observé que l'état de surface des pâtes obtenues, était d'un bel aspect, non collante, et une bonne tenue à la cuisson, à l'exception du plomb qui était collantes avec une couleur relativement brune dû à la teneur inférieure en gluten.

VI.4. Les résultats des analyses microbiologiques

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les semoules de blé dur, les pâtes alimentaires longues et l'eau de fabrication des pâtes sont représentés dans le tableau n° 25 et n° 26.

Tableau N° 25 : Résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les semoules et pâtes alimentaires.

Les matières analysées	Moisissures	Clostridium Sulfito-Réducteur
Les semoules	absence	absence
Les pâtes alimentaires	absence	absence
Norme	≤100 germe/ml	≤100 germe/ml

Tableau N° 26: Résultats des analyses microbiologiques effectuées sur l'eau de fabrication des pâtes alimentaires.

La matière analysée	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Streptocoques fécaux
L'eau	Absence	absence	absence
Norme	<10 UFC/100 ml	<1 UFC/100 ml	< 1 UFC/100 ml

D'après les résultats des analyses microbiologiques effectuées, ils révèlent que les échantillons analysés ne contiennent pas de moisissures, ni Clostridium Sulfito-Réducteur. Et absence

totale des Coliformes totaux, fécaux et Streptocoques fécaux dans les analyses de l'eau de fabrication, donc on peut dire que nos produits présentent une bonne qualité microbiologique.

Conclusion

L'objectif de ce travail est d'étudier la qualité technologique de pâtes alimentaires, et de vérifier l'influence des paramètres physico-chimiques et l'impact des étapes de fabrication sur la qualité du produit fini (pâtes alimentaires).

Ce travail a permis de tirer les conclusions suivantes :

- Pour les matières premières (blé dur-semoule)

Le blé étudié présente des caractéristiques physico-chimiques conformes aux normes, ce qui nous a permis d'obtenir une semoule de bonne qualité, le blé dur qui a été transformé en semoules, à leur tour a servi à la fabrication des pâtes alimentaires, nous a permis de mener à bien notre projet.

Les semoules utilisées pour la fabrication des pâtes alimentaires (3SE) sont conformes à la norme algérienne, le taux d'humidité (14.1%), la granulométrie homogène et une acidité grasse acceptable (0.035) appropriée aux normes, ce qui donne une bonne conservation du produit.

- Concernant l'eau de fabrication, on constate qu'elle a subi les traitements nécessaires vu sa qualité physico-chimique et microbiologique

- Et pour le produit fini (pâtes courtes)

Sur le plan organoleptique : ces pâtes présentent des propriétés organoleptiques satisfaisantes, facteur d'un choix relativement bon de la matière première.

Les pâtes fabriquées à partir des semoules (3SE) sont conformes à la norme exigée, grâce à l'utilisation de blé de bonne qualité (blé français).

Si nous voulons des pâtes alimentaires de bonne qualité, il faut que celle-ci présente une bonne couleur, une bonne tenue à la cuisson et aussi ne contient pas des piqures et des gerçures.

La couleur des pâtes dépend en grande partie de la qualité des blés mis en œuvre et des conditions de malaxage. La couleur jaune est en effet conditionnée, par l'activité enzymatique des lipoxygénases qui peuvent détruire ces pigments (par oxydation) lors du malaxage et aussi par la haute pression pendant le passage au vis sans fin.

Les piqures brunes révèlent la présence de particules de sons non éliminées au cours de la mouture, et de piqures noires révélant la présence des grains étrangers, quant à la présence des piqures blanches sont causées par la présence du blé mitadiné.

Les gerçures sont la conséquence directe d'un séchage défectueux résultant de force hydraulique s'exerçant à l'intérieur des pâtes, ces forces se développent plusieurs jours après le séchage lorsque l'humidité au sein des produits s'équilibre avec l'environnement.

L'état de surface et la texture des pâtes à l'état cuit sont essentiellement conditionnés par la qualité et la quantité des protéines des semoules utilisées, et leur aptitude à former un réseau protéique insoluble (le gluten) piégeant à la cuisson les grains d'amidon.

D'après ces résultats et durant notre travail dans cette semoulerie « **SIM** », nous pouvons dire que cette semoulerie applique les normes exigées, ce qui apparaît dans la qualité des produits utilisés ainsi que le produit fini. Ce groupe exige des conditions de travail et d'hygiène très strictes, ce qui rend leur produit de bonne qualité.

En perspectives il serait intéressant d'étudier les points suivants:

- * L'amélioration de la qualité du blé algérien par la sélection génétique et le coupage avec des variétés résistantes.
- * Etre en phase avec le développement technologique (matériels)
- * La possibilité d'enrichir les pâtes alimentaires avec des légumes en poudre (carotte).

Références bibliographiques

- **Abecassis J., (a). (1991).** La mouture du blé dur ; in : « Les industries de première transformation des céréales » Ed. Tec & Doc, Lavoisier. Paris, p. 405.
- **Abecassis J. et Chaurand M., (1997).** Appréciation de la valeur d'utilisation du blé dur en semoulerie et pastification ; in : «Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales». Ed. Tec & Doc Lavoisier. Paris, p. 765.
- **(Abecassis et Feillet, 1985).**
- **(ACIA, 2006)** : agence canadienne d inspections des aliments
- **Adams K., (1987).** Factors affecting the quality of cooked and canned spaghetti and the interaction of glutamine and gliadins with 7S and 11S soybean proteins. Univ. manhattan, Kansas 66506, USA. Dissertation abstracts International.
- **Alais C., Linden G., Miclo L., (2003).** Biochimie alimentaire : Les céréales- le pain, 5ème Ed., Dunod. Paris, p. 131.
- **(Anonyme ,2012)** : Figure répartition de blé dans le monde
- **ANTGINE C.** Bases physico-chimiques et structurales de l'aptitude au fractionnement des enveloppes du grain de blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Thèse de Doctorat. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, **2003**.
- **BASIC A. et al.** Chemistry and organization of aleurone cell wall components from Wheat and bearyl, Aus] Plant Physiol, **1981**: p. 95-475.
- **Benziane k., 2012.** L'effet coupage sur la qualité des produits céréaliers (cas des pâtes longues. Thèse de master, université de Blida
- **Bel N., et Lkherba F., 2005.**L'influence du blé mitadiné sur la qualité pastière de la semoule destinée à la pastification. Mémoire d'Ingéniorat, Université M'hamed Bougara, Boumerdes.
- **BELAID D. (1996).** *Aspects de la céréaliculture algérienne*. INES. D'Agronomie. Batna. 187p.
- **Belhasnat A., (2001).** Etude analyse du diagramme de nettoyage semoulerie et minoterie. Mémoire d'Ingéniorat, Université M'hamed Bougara, Boumerdes.
- **Belkadi A., (2001).** La meunerie et l'industrie meunière.
- **Bonjean et al (1990).** Les céréales à paille: origine, histoire, économie. France: Softword Groupe ITM, **1990** : 205p.
- **Boudreau A. et Menard G., (1992).** Le blé : éléments fondamentaux et transformation. Ed. Les presses de l'université de Laval. Québec. p. 131.
- **CALVEL R.** La boulangerie moderne, 10 E édit. Paris 1 Eyrolles, **1984** : 459p.

- **Calvel R., 1980.** La boulangerie moderne. 9^{ème} édition, Paris, Eyrolles : pp. 11-78.
- **CHABI H., DEROUICHE M., KAFI M. et KHILASSI E. (1992).** *Estimation du taux d'utilisation du potentiel de production des terres à blé dur dans le Nord de la wilaya de sétif.* Thèse. Ing. INA. El Harrach. 317p.
- **DAVIS (K.-R.), LITTENEKER N., TOURNEAU D., LE CAIN (R.-F.), PETERS (L.-JF.) & McGinnis J.** Evaluation of the nutrient composition of wheat. Lipid constituents. *Cereai Chem*, 1980; p.94.
- **Derbal N., (2009).** Etude de la variation spatio-temporelle de certaines caractéristiques technologiques de quelques variétés de blé dur cultivées en Algérie. Mémoire de Magistère. Université Mentouri Constantine, Algérie, p. 19, 31.
- **DEXTER J.E., MATSUO R.R. (1977).** Changes in semolina proteins during spaghetti processing. *Cereal Chem.* N° 54. pp.882 - 894.
- **FAOSTAT 2011 :** Site des données statistiques de la FAO : <http://www.faostat.fao.org/>
- **Feillet P., (1986).** L'industrie des pâtes alimentaires : Technologie de fonction, qualité des produits finis et des matières premières. IAA, p. 978.
- **Feillet P., (2000).** Le grain de blé: Composition et utilisation. INRA édition, Paris, p. 321.
- **FERRET M., (1996).** Blé dur, objectif qualité. *Ed. ITCF.* 43p.
- **Franconie H., (2010).** Couscous, boulgour et polenta : Transformer et consommer les céréales dans le monde. Ed Karthala, Paris, p. 434.
- **Fredot E., (2004).** Connaissance des aliments, bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique : les produits céréaliers. Ed. Tec & Doc Lavoisier. Paris, p. 161.
- **Fredot E., (2006).** Connaissance des aliments, bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique : les produits céréaliers. Ed. Tec & Doc Lavoisier. Paris, p. 161.
- **Ghaderi A., Everson e. H. & Yamazaki w. T., 1971.** Test weight in relation to the physical and quality characteristics of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell). *Crop Sci.* 11, 515-518.
- **(Giuseppe et Lintas, 1988 ; Cook et al, 1993 ;Feillet, 2000).**
- **Godon B., LOISEL W, 1984.** Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales.
- **Godon B., (1991).** Biotransformation des produits céréaliers. Ed. Tec & Doc Lavoisier. Paris, p. 25.
- **Godon B. et William C., (1998).** Les industries de première transformation des céréales, 2eme tirage Ed. Tec & Doc, Lavoisier. Paris, p. 66, 68.

- **Guezlane L., (1993).** Mise au point de méthodes de caractérisation et d'étude des modifications physico-chimiques sous l'effet des traitements hydro thermiques en vue d'optimiser la qualité du couscous de blé dur. Thèse Doctorat, Ina, Al Harrach, p. 34.
- **(Grigniac, 1977).** Ferme moderne, le blé céréale d'avenir .ED Solvilo, paris
- **Hui Y.H., (2007).** Handbook of food products manufacturing. Ed. John Wiley & sons, Inc. New Jersey, p. 336.
- **Jeanet R., Croguennec T., Schuck P., Bruel G., (2007).** Science des aliments. Technologie des produits alimentaires. Ed. Tec & Doc, 2èmeEd. Lavoisier. Paris, p. 187.
- **Karel K., Josef G., et Ponte Jr., (2000).** Handbook of cereal science and technology. 2ème edition Marcel Dekker Inc., New York, p. 655.
- **Kent N.L et Evers A.D., (1994).** Technology of cereals. Ed. Elsevier Science Inc, 4ème edition, New York, p. 234.
- **Mariche O., (2000).** L'effet de la fertilisation azotée sur la qualité technologique de deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf), Thèse d'ing d'Agro, Blida. 80p.
- **MATWEEF M. (1966).** Influence du gluten des blés durs sur la valeur des pâtes alimentaires. *(In French) Bull. ENSMIC.* pp 213.
- **Morot-Gaudry J.F., (1997).** Assimilation de l'azote chez les plantes : aspects physiologique, biochimique et moléculaire. Ed. Inra. Paris, p. 377.
- **Okandza Y., (2000).** Caractérisation technologique et biochimique de quelques variétés de blés durs Algériens. Thèse magistère. INA. Alger.
- **ONIGC:** Site de l'Office National Interprofessionnel des Grandes Cultures en France, www.onigc.fr
- **Pomeranz, Y., (1987).** Cereal Crops-General. In: Pomeranz, Y., (Eds) VCH Publishers, Inc, New York. Modern Cereal Science and Technology. 14-23.
- **Roberts H. F., 1910.** Breeding for type of kernel in wheat, and its relation to the grading and milling of the grain. *Kansas State Agricultural College Experiment Station Bulletin* 170, 98-138.
- **SELMI R. (2000).** Fin du mythe de l'autosuffisance alimentaire et place aux avantages comparatifs. *Revue Afrique Agriculture* .N° 280. pp 30-32.
- **Slimane A., 2007.** Evaluation de la valeur pastifiante des semoules fines de passages produites au niveau de la SIM. Thèse de TS, INSFP. Blida.
- **Smith J.S et Huri Y.H. (2004).** Food processing: principles and applications. Ed. Blackwell, Ames, USA, p. 253.
- **(Soubry) : marque belge des pâtes alimentaires**

- **Soltani S., 2010.** L'étude de la qualité de différentes variétés de semoules produite au niveau de l'unité de MOULA. Thèse d'ing d'Agro, M'hamed Bougara, Boumerdes.
- **Ugrinovits M., Arrigoni E., Dossenbach A., Haberli G., Hanich H., Rychener M., Thormann M., et Stalder U., (2004).** Pâtes alimentaires et pâtes alimentaires composés. ManuelSuissedes denrées alimentaires.
http://www.baganw.admin.ch/SLMB_Online_PDF/Data%20SLMB_MSDA/Version%20_pates%20alimentaires.pdf.
- **Zeitoun R., (2011).** Procédé de fonctionnement de la matière végétale – Application à la production des polysaccharides du son et de la paille de blé. Mémoire de Doctorat, l'Institut National Polytechnique de Toulouse (INP Toulouse), France, p. 20, 25.
- **Zekkari (2013),** contribution a l'étude qualitative et quantitative des semoules issues des différents passages des sasseurs

Annexes

Annexe 1 :

Le taux d'humidité (teneur en eau)

Mode opératoire :

- Sécher les capsules avec leurs couvercles à l'étuve pendant 15 minutes à 130°C, puis laisser refroidir dans un dessiccateur jusqu'à la température ambiante.
- Peser 5g de l'échantillon dans une capsule tarée à 1mg près, adapter rapidement le couvercle.
- Introduire la capsule découverte contenant la prise d'essai et son couvercle dans l'étuve et le laisser séjourner pendant 2h.
- Retirer rapidement la capsule de l'étuve, la couvrir et peser la capsule à 1mg près.

Expression des résultats :

La teneur en eau exprimé en pourcentage en masse du produit tel quel est donnée par la

$$H = \frac{M1 - M2}{M1 - M0} \times 100$$

M0 : est la masse, en grammes, de la capsule et de son couvercle.

M1 : est la masse, en grammes, de la capsule, du couvercle et de la prise d'essai avant séchage.

M2 : est la masse, en grammes, de la capsule, du couvercle et de la prise d'essai après séchage.

Annexe 2 :

La teneur en protéine

L'azote total est dosé selon la méthode de Kjeldahl, normalisée en Algérie sous la référence NA .M.85/1990 en concordance technique avec la norme française NF V 03-050 (septembre 1970).

Le dosage comprend 4 étapes :

- ✓ une minéralisation de l'azote organique contenu dans la prise d'essai en sulfate d'ammonium sous l'action de l'acide sulfurique concentré à chaud, en présence d'un catalyseur approprié.

- ✓ alcalinisation des produits de la réaction par addition d'une quantité suffisante d'hydroxyde de sodium.
- ✓ distillation de l'ammoniac libéré et titrage.
- ✓ conversion du résultat en le multipliant par le facteur 5.7.

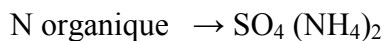
Mode opératoire :

On pèse, au mg près, 1g de grains de blé et nous les introduisons dans un matras minéralisation.

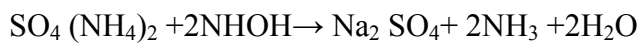
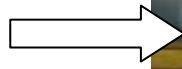
Nous ajoutons 2g de catalyseur puis 20 ml d'acide sulfurique concentré (H₂SO₄). nous homogénéisons le contenu du tube et nous plaçons le matras dans un logement de plaque chauffante pendant une durée de trois heures jusqu'à l'impidité total de la solution.



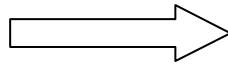
La minéralisation permet la transformation de l'azote organique en sulfate d'ammonium sous l'action de l'acide sulfurique concentré à chaud en présence de catalyseur.



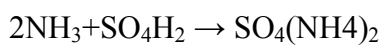
Après refroidissement du matras, ajouter 75 ml d'eau distillée puis refroidir à nouveau 50 ml de solution d'hydroxyde de sodium à 33 % sont versés dans le matras, une fois l'appareil à distiller est prêt à fonctionner, au cours de la distillation, l'azote ammoniacal est entraîné par la vapeur d'eau et recueilli dans un erlen meyer de 150 ml contenant la solution d'acide borique et l'indicateur coloré.



Après environ 4 minutes de distillation, on constate un virage de la couleur rouge au bleu.



Le titrage s'effectue à l'aide d'une solution sulfurique titrée N/ 10 contenue dans la solution distillée.



Expression des résultats :

La teneur en protéines P rapportée à la matière sèche se calcule .d 'après la relation suivante :

$$C = \frac{M1 - M2}{M1 - M0} \times 100 \frac{100}{100 - H}$$

M : est la masse de la prise d'essai en grammes.

V : est le volume d'acide sulfurique versé pendant le titrage en ml.

H : est la teneur en eau de produit.

5.7 est le facteur de correction de l'azote en protéines totales.

Annexe 3 :

Le taux de cendre

Mode opératoire

- Détermination de la teneur en eau selon la norme NA.11.32/1990.
- Chauffer durant 10 min les nacelles dans un four à moufle réglé à 900°C, les laisser ensuite refroidir à la température ambiante dans un dessiccateur et peser à 0,1 mg près.
- Dans les nacelles peser 5 g de l'échantillon (farine).
- Humecter la prise d'essai dans la nacelle avec 1 à 3 ml d'éthanol à 95%.
- La porte du four étant ouverte, placer la nacelle et son contenu à l'entrée du four réglé à 900°C jusqu'à ce que la matière s'enflamme.
- Aussitôt que la flamme éteinte, placer avec précaution la nacelle dans le four, poursuivre l'incinération durant environ 1h 30 min, jusqu'à disparition des particules charbonneuses qui peuvent être incluses dans le résidu et obtention d'une couleur grise clair ou blanchâtre.
- Retirer progressivement la nacelle du four et mettre à refroidir dans le dessiccateur jusqu'à la température ambiante, puis la peser.

Expression des résultats :

La formule utilisée pour le calcul du taux de cendre sur MS est :

$$\text{Teneur en cendres \%} = \frac{m_1 \times 100}{m_0} \times \frac{100}{100 - H}$$

M_0 : est la masse, en grammes de la prise d'essai

M_1 : est la masse en gramme, du résidu.

H : est la teneur en eau, exprimée en pourcentage en masse, de l'échantillon pour essai.

Annexe 4 :

La granulométrie des particules (taux d'affleurement)

Mode opératoire :

- Peser 100g de l'échantillon.
- Déposer la prise d'essai sur le tamis supérieur.
- Placer les tamis sur un appareil qui exerce des mouvements circulaires vibratoires uniforme pendant 10 min à une amplitude de 60.
- Peser le refus de chaque tamis.



Expression des résultats :

Les refus obtenus sont pesés et les résultats sont exprimés en pourcentage.

$$\text{Taux d'affleurement (\%)} = \frac{m_0}{m_1} \times 100$$

m_0 : masse du refus (g).

m1 : masse de l'échantillon (g)

Annexe 5 :

Titre alcalimétrique simple (TA) et complet (TAC)

Mode opératoire :

1- Titre alcalimétrique simple (TA) :

- verser dans un Erlène Meyer 100ml d'eau à analyser
- ajouter 6 à 8 gouttes de phénolphtaléine
- agiter et titrer avec la solution d'acide chlorhydrique ou acide sulfurique jusqu'à la disparition de la couleur rose.

2- Titre alcalimétrique complet (TAC) :

- introduire dans Erlène Meyer 100ml d'eau à analyser.
- ajouter 2 gouttes d'hélianthine (méthyle rouge)
- Titrer avec la solution d'acide chlorhydrique ou acide sulfurique jusqu'à virage jaune orange.

Expression des résultats :

$$\text{TA (}^{\circ}\text{F)} = V_1 \cdot 5$$

V_1 : représente le volume en ml de la solution acide sulfurique nécessaire au titrage
le degré français est 5 fois plus petit que le milliéquivalent/litre

$$\text{TAC (}^{\circ}\text{F)} = (V_2 - 0.1) \cdot 5$$

V_2 : représente la chute de burette de la solution utilisée à l'opération de TAC

0.1 : représente le volume en ml de la solution nécessaire à l'apparition de changement 0.2 de teinte.

Annexe 6 :

Détermination de la dureté hydrométrique (TH)

Mode opératoire :

- prendre 100ml d'eau à analyser préalablement chauffé à 80°C
- ajouter 5ml de la solution tampon (pH = 10).
- 10 gouttes de NET
- On titre le mélange par la solution d'EDTA (0.01M).

Remarque :

- si la couleur de la solution est bleue donc le TH = 0F°.
- si la coloration est vers le violet, titrer la solution par l'EDTA jusqu'à la coloration bleue et lire le volume de l'EDTA.

Expression des résultats

Le titre hydrométrique est exprimé en degré français (F°) et selon la formule suivante.

$$\text{TH}(F^\circ) = V$$

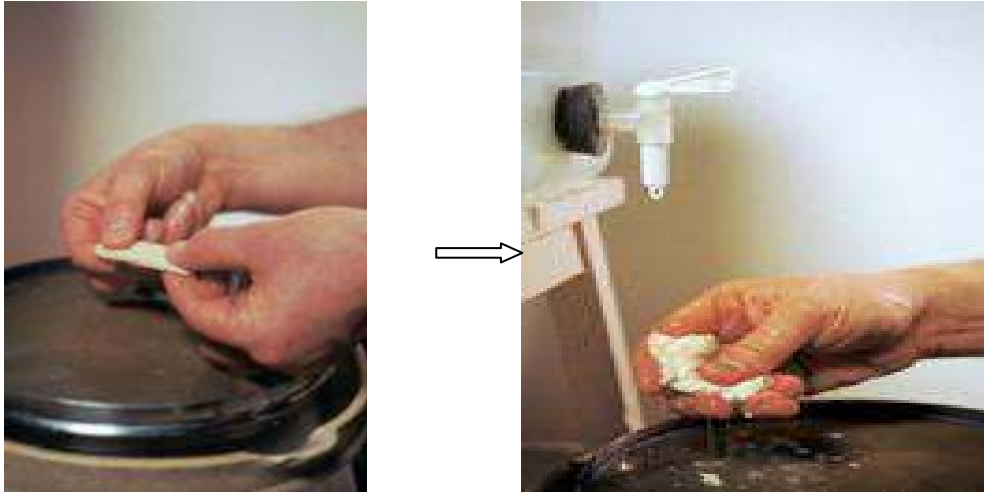
V : volume de la solution EDTA en ml qui a servi pour le titrage.

Annexe 7:**Dosage du gluten****Mode opératoire :**

- ✓ Mélanger 25g de semoule avec 12,5ml d'eau salée
- ✓ Pétrir le tout et laisser reposer 30 min pour que la pâte absorbe bien l'eau.
- ✓ Faire un lavage de la pâte obtenue et un malaxage jusqu'à ce que l'eau du lavage devienne transparente.
- ✓ Peser la pâte pour obtenir la teneur en gluten humide après avoir multiplié par 4.
- ✓ Mettre notre pâte dans une plaque chauffante pendant 10min.
- ✓ Peser la pâte après l'avoir sortie de la plaque chauffante, ceci donnera la teneur en gluten sec après avoir multiplié par 4.

Figure n° : différentes étapes de l'extraction du gluten





Expression des résultats :

- Gluten humide :

La teneur en gluten humide (%) : $GH = m1 \times 4$

$m1$: masse du gluten humide (g).

- Gluten sec :

La teneur en gluten sec (%) : $GS = m2 \times 4$

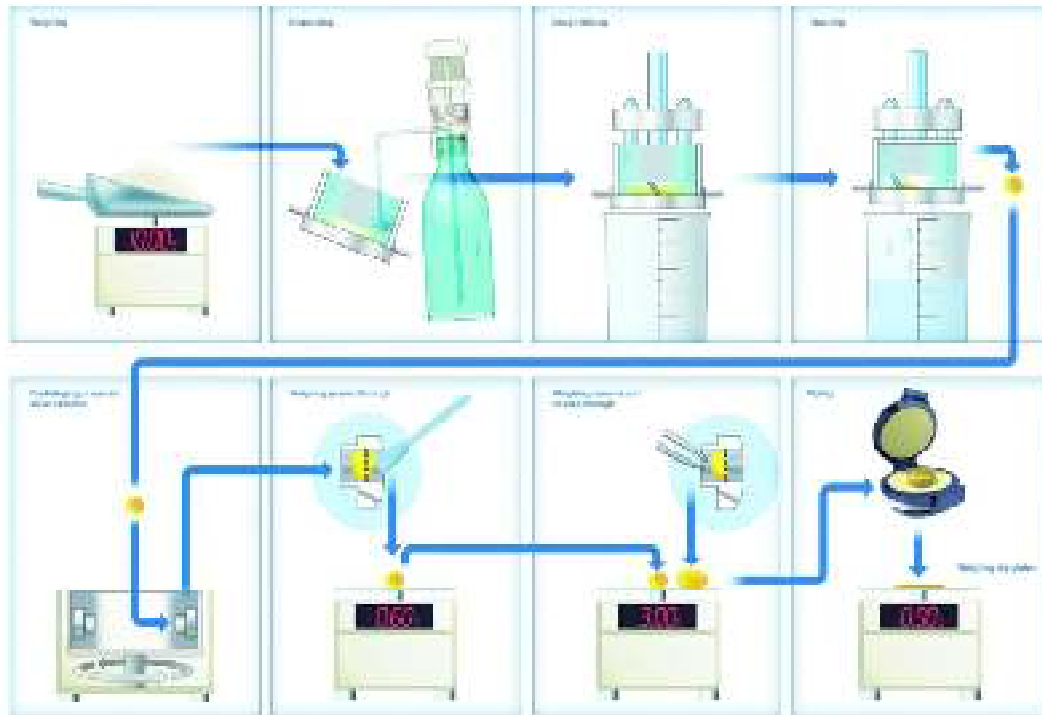
$m2$: masse du gluten sec (g).

Le coefficient d'hydratation (%) = $\frac{GH-GS}{GH} \times 100$

La méthode Gluten Index (Méthode Pertén)

Le Gluten Index Centrifuge 2015 est utilisé afin de faire passer le gluten humide à travers un tamis spécialement conçu à cet effet. La quantité relative du gluten tamisé indique les caractéristiques du gluten. Le séchage du gluten se poursuit dans le Glutork 2020 qui calcule la teneur en gluten sec et la capacité de fixation de l'eau du gluten humide.

Figure n° : La méthode Gluten Index



Les étapes détaillées

Les étapes sont illustrées dans le schéma qui se trouve au bas de la page.

1. **La pesée** 10.0 g \pm 0.01 g des farines sont pesés et placés dans la chambre de lavage du Glutomatic doté d'un tamis en polyester de 88 microns. Lorsque le gluten vital est mesuré, 1.5 \pm 0.01 g est pesé.
2. **La distribution** 4.8 ml d'une solution salée sont ajoutés aux échantillons de farines. Aucune solution salée n'est ajoutée aux échantillons de gluten vital.
3. **Le mélange** Les farines et la solution salée sont mélangés pendant 20 secondes de manière à former une pâte.
4. **Le lavage** Après la phase de mélange, le lavage débute automatiquement et se poursuit pendant 5 minutes. L'échantillon de farine de blé est transféré vers la chambre équipée d'un tamis grossier de 840 microns permettant aux particules de son d'être lavées.
5. **La centrifugation** 30 secondes précisément après la fin du lavage, le morceau entier de gluten humide est transféré vers le tamis spécial et centrifugé pendant une minute dans le Centrifuge 2015 à 6000 \pm 5 rpm.
6. **La pesée** La fraction qui est passée à travers le tamis est gratée avec une spatule puis pesée. La fraction restée dans le tamis est recueillie et ajoutée à la balance. On obtient le poids total du gluten humide.

7. Le séchage La totalité du gluten humide est séchée à 150°C minimum pendant 4 minutes dans le Glutork 2020. Après le séchage, on pèse le gluten.

8. Le calcul Le Gluten Index est la quantité de gluten qui reste dans le tamis de la centrifugeuse par rapport au poids total du gluten humide.

Figure n°: The Glutomatic system



Annexe B₁ :

Recherche des spores de clostridium sulfito-réducteur

Selon la norme (ISO 6649)

Mode opératoire :

Préparation du milieu :

Au moment de l'emploi faire pondre un flacon de gélose viande foie, le refroidir dans un bain marie à 45°C, puis ajouter une ampoule d'alun fer et une ampoule de sulfite de sodium.

Mélanger soigneusement et aseptiquement le milieu est ainsi prêt à l'emploi, mais il faut le maintenir dans une étuve à +45°C jusqu'au moment de l'utilisation.

Ensemencement :

A partir des dilutions (10^{-1} , 10^{-2}), porter aseptiquement 1ml de chaque dilution dans les tubes à essai à l'aide d'une pipette en verre graduée et stérile.

Les tubes seront soumis à un chauffage à 80 °c pendant 10 min, puis à un refroidissement immédiat et brutal sous l'eau du robinet, dans le but d'éliminer la forme végétative et garder uniquement la forme sporulés.

Ajouter environ 15ml de gélose viande foie prête à l'emploi dans chaque tube.

Laisser solidifier sur paille pendant 30 min (voir figure 05)

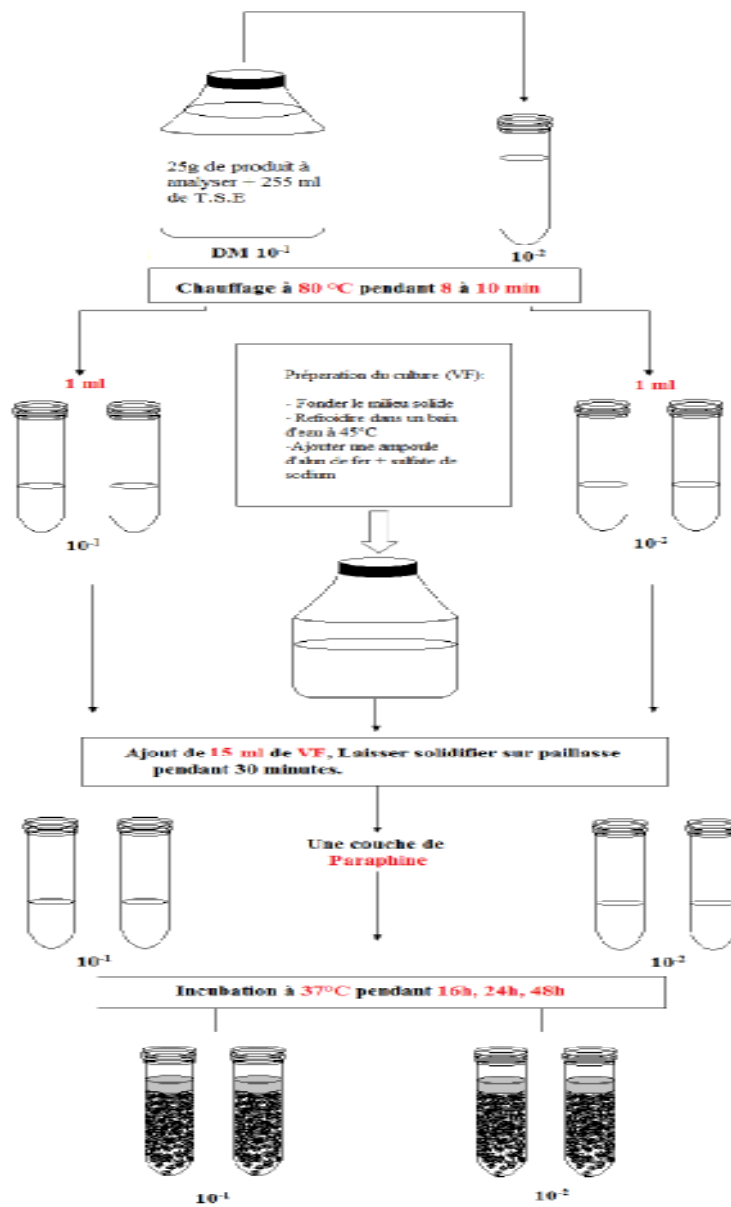
Incubation :

Les tubes ont été incubés à 37°C pendant 48h, avec une première lecture à 16h.

Lecture :

La première lecture doit se faire après 16 h, car :

- D'une part les colonies de C.S.R sont envahissantes et noires se trouverait en face d'un tube complètement noir auquel, l'interprétation devient impossible.
- D'autre part, il faut absolument repérer toute colonie noire ayant poussé en masse d'un diamètre supérieure à 0.5 mm.
- Dans le cas où il n'y a pas de colonies caractéristique réincorporer les tubes et effectuer une deuxième lecture au bout de 24 h voir.



--

Figure N°11 : recherche et dénombrement des spores de clostridium sulfite-réducteur

Annexe B₂ :

Recherche et dénombrement des moisissures :

Selon la norme (Jon°35 /1998).

Mode opératoire

Préparation du milieu :

On prend préalablement un glaçon de gélose OGA, puis le refroidir à 45°C, et couler dans 3 boîtes de pétri et laisser solidifier sur parasse.

Ensemencement :

- La technique d'ensemencement en surface c'est à dire 4 gouttes de chaque dilution 10^{-1} , 10^{-2} , et 10^{-3} sont mises sur la surface du milieu solide OGA (voir figure04).
- Établir à l'aide d'un râteau en verre stérile pour chacune des boîtes.

Deux autres boîtes de pétri sont considérées comme témoin de OGA et de TSE (ensemencement en surface après avoir mis 4 gouttes de TSE) (composition de TSE voir annexe 03).

Incubation :

Incubation de ces boîtes à 20 -25°C pendant 5 jours.

Lecture :

Les colonies des moisissures sont épaisses, pigmentées ou non parfois envahissantes.

- Le comptage se fait sur boîtes contenant entre 15 et 300 colonies et le nombre trouvé est multiplié par l'inverse de la dilution.
- Entre le moment de la préparation de la suspension, ses dilutions et leur mise en culture, il ne doit pas s'écouler plus de 45 minutes.
- L'eau étant liquide, elle constitue la solution mère (SM).
- entre chaque dilution décimale, il est impérativement recommandé de changer les pipettes graduées.
- contrairement à cela, lors de l'ensemencement il est recommandé de commencer par la plus haute dilution à savoir 10^{-3} dans le but justement de ne pas changer de pipettes.

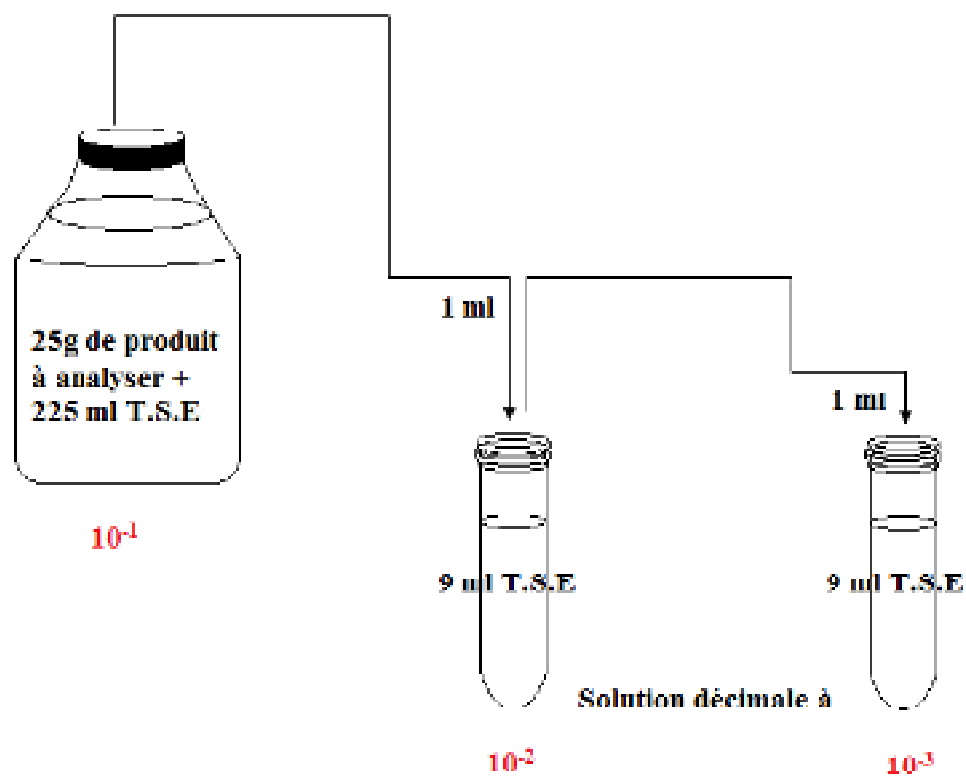
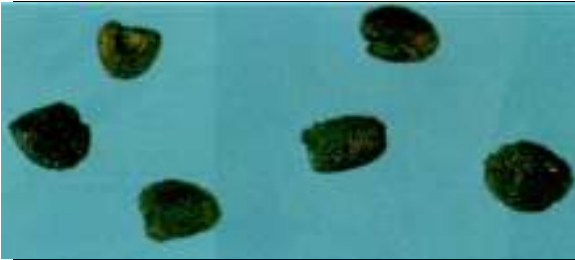


Figure N°12 : préparation des dilutions décimales

Annexe B₃ :

Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux :



Grain de nielle



Grain de mélampyre



Grains de Céphalaire



Grains de Fénu grec.



Grains de Mélilot.



Gousses d'Ail.



Graines d'Ivraie.



Ergot de blé tendre.



Grains de blé dur punaisés.



Grains de blé dur mouchetés.



rains de blé dur coloré du germe

oucheture du sillon.



rains de blé dur fusariés blancs et roses

petits grains de blé tendre.

Figure N°16 : recherche des impurétés

Appareillage :



Broyeur



InfraTec



Dessiccateur



Four à moufle



Balance et Nipalitre



Tamiseur



Appareil glutomatic



Balance analytique



Glutork



Etuve Chopin



Distillateur Kjeldahl